



EESTI MAAÜLIKOOL
Tartu Tehnikakolledž

Aivo Guske

**ÜLES LAE ALLA AVATAVA SEKTSIOONILISE
GARAAŽIUKSE JUHTSÜSTEEM**

**SECTIONAL OVERHEAD GARAGE DOOR CONTROL
SYSTEM**

Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö
Tehnotroonika õppekava

Juhendaja: Janar Kalder, *MSc*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Rakenduskõrghariduse lõputöö	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		lühikokkuvõte	
Autor: Aivo Guske		Õppekava: Tehnotroonika	
Pealkiri: Üles lae alla avatava sektsioonilise garaažiukse juhtsüsteem			
Lehekülgi: 120	Jooniseid: 27	Tabeleid: 1	Lisasid: 11
Osakond: Tartu Tehnikakolledž			
Uurimisvaldkond: Projekt			
Juhendaja: Janar Kalder, <i>MSc</i>			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2018			
<p>Garaažiukse juhtsüsteemid on olnud kasutusel juba aastakümneid ning need lihtsustavad garaažiukse avamist ja sulgemist. Valida saab mitme erineva seadme vahel. Paraku ei ole võimalik arvestada iga garaaži eripäradega või pakkuda kõikidele seadmetele kõike lisavarustust. Seetõttu ei pruugi igaüks leida just parasjagu talle sobivat seadet. Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli projekteerida ja koostada kodukasutamiseks üles lae alla avatavale sektsioonilisele garaažiuksele juhtsüsteem ning koostada ka selle hinnakalkulatsioon.</p>			
<p>Püstitati tööülesanded, määratleti nõuded ning teostati taustauuring. Elektroonikaskeem ja mehaanilised detailid projekteeriti ning trükkplaadid disainiti ja telliti koos elektroonikakomponentidega. Tegeleti ka jootmise ja programmeerimisega. Mehaanilised detailid koostati eelnevalt tellitud materjalidest. Seade komplekteeriti ning seda katsetati. Tehti ka järeldused ning pakuti edasiarendamise võimalusi. Nii elektroonikast kui ka mehaanilistest detailidest koostati tehnilised joonised. Seadme valmistamise hinnaks kujunes 431,10 eurot. Ta täidab oma otstarvet, kuna ta toimib vastavalt määratletud nõuetele, selle ehitus arvestab garaaži eripäradega ning ta lihtsustab seljavaevustega pereliikmetele garaažiukse avamist ja sulgemist. Ta on väheohtlik, on juhitav garaažist seest- ja väljastpoolt ning nutitelefonist. Ta välistab kõrvaliste isikute ligipääsu garaažile ning võimaldab volukatkestuse ajal garaažiukse käsitsi avamist ja sulgemist.</p>			
Märksõnad: mobiilirakendus, <i>Wi-Fi</i> , jootmine, programmeerimine, trükkplaat			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Professional Higher Education Thesis	
Author: Aivo Guske		Speciality: Technotronics	
Title: Sectional overhead garage door control system			
Pages: 120	Figures: 27	Tables: 1	Appendixes: 11
Department: College of Technology Field of research: Project Supervisors: Janar Kalder, MSc Place and date: Tartu 2018			
<p>Garage door control systems have been used for decades and they simplify the opening and closing of a garage door. It is possible to choose between different devices. However, it is impossible to consider all the differences between different garages or to offer all the accessories to every device. Because of that, not everyone is able to find a device that satisfies their needs. The aim of this bachelor's thesis was to engineer and to assemble a sectional overhead garage door control system for residential usage and to calculate the price of building this device.</p> <p>Work assignments were set up, system requirements were defined and the background was studied. The electronics scheme and the mechanical components were engineered and the printed circuit boards were designed and ordered along with the electronic components. Soldering and programming were performed. The mechanical components were produced from previously ordered materials. The device was put together and tested. Conclusions were made and further development possibilities were suggested. Technical drawings were made based on the electronics and on the mechanical components. The price of building this device turned out to be 431,10 euros. It fulfills its purpose, because it functions as defined by the system requirements, its construction considers the differences of the garage and it simplifies the opening and closing of the garage door to the family members with back pain issues. It poses minimal threat, it can be operated from outside and inside the garage and from a smartphone. It prevents unauthorized people from using it and enables the garage door to be opened and closed manually during power outages.</p>			
Keywords: mobile app, Wi-Fi, soldering, programming, printed circuit board			

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	6
SISSEJUHATUS.....	8
1. TÖÖ EESMÄRK	9
1.1. Ülesannete püstitus.....	9
1.2. Juhtsüsteemi nõuded	9
1.3. Mobiilirakenduse nõuded.....	11
2. SARNASED TOOTED.....	12
2.1. Ajalugu.....	12
2.2. Tänapäeval pakutavad tooted	12
3. JUHTSÜSTEEMI KOOSTAMINE	14
3.1. Elektroonikaskeem.....	14
3.2. Ukselukustus	16
3.2.1. Juhtnupud	16
3.2.2. Servomootor	17
3.2.3. Ukselukustuse korpus ja ukseriiv	18
3.3. Piirlülid	18
3.4. Infrapuna kaugusandur.....	19
3.5. Juhtpaneel.....	21
3.5.1. Vedelkristallekraani moodul	21
3.5.2. Maatriksklaviatuur	22
3.5.3. Juhtpaneeli trükkplaat	23
3.5.4. Juhtpaneeli korpus.....	25
3.6. Peasüsteem	25
3.6.1. Tigureduktormootor	25
3.6.2. Kettülekanne.....	29
3.6.3. Tigureduktormootori juhtkivi.....	30
3.6.4. <i>Wi-Fi</i> moodul	32
3.6.5. Pingeregulaator.....	33
3.6.6. Pingemuunduri moodul	34
3.6.7. Toiteplokk	35
3.6.8. Peasüsteemi trükkplaat.....	37
3.6.9. Peasüsteemi korpus	38
3.7. Jadaliides	39
4. JUHTSÜSTEEMI PROGRAMMEERIMINE JA HINNAKALKULATSIOON	40
4.1. Programmeerimisvahendid ja -keskkonnad	40

4.2. Programmikoodid.....	41
4.3. Hinnakalkulatsioon.....	44
KOKKUVÕTE.....	47
KASUTATUD KIRJANDUS	48
LISAD	52
Lisa A. Peasüsteemi elektroonika ja trükkplaadi skeemid	53
Lisa B. Juhtpaneeli elektroonika ja trükkplaadi skeemid.....	58
Lisa C. Ukselukustuse tehnilised joonised.....	63
Lisa D. Piirlülite tehnilised joonised.....	68
Lisa E. Infrapuna kaugusanduri tehnilised joonised	71
Lisa F. Juhtpaneeli tehnilised joonised	74
Lisa G. Peasüsteemi tehnilised joonised	80
Lisa H. Peasüsteemi programmikood.....	102
Lisa I. Juhtpaneeli programmikood.....	109
Lisa J. <i>Wi-Fi</i> mooduli programmikood	117
Lisa K. Lihtlitsents	119

KASUTATUD LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

<i>A</i>	- töö J
<i>ABS</i>	- akrüülnitriil butadieen stüreenplast (<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>)
<i>ADC</i>	- analoog-digitaalmuunduri muundamise tulemus
<i>C</i>	- ümbermõõt m
<i>F</i>	- raskusjõud N
<i>g</i>	- raskuskiirendus m/s ²
<i>I</i>	- vool A
<i>I/O</i>	- sisend/väljund (<i>Input/Output</i>)
<i>IN-</i>	- inverteeriv sisendviik
<i>IN+</i>	- mitteinverteeriv sisendviik
<i>IP</i>	- internetiprotokoll (<i>Internet Protocol</i>)
<i>LCD</i>	- vedelkristallekraan (<i>Liquid Crystal Display</i>)
<i>LED</i>	- valgusdiod (<i>Light Emitting Diode</i>)
<i>m</i>	- mass kg
<i>mUSB</i>	- mikro-universaalne järjestiksiin (<i>micro-Universal Serial Bus</i>)
<i>N</i>	- mehaaniline võimsus W
<i>n</i>	- pöörlemiskiirus p/min
<i>OUT-</i>	- inverteeriv väljundviik
<i>OUT+</i>	- mitteinverteeriv väljundviik
<i>P</i>	- elektriline võimsus W
<i>PWM</i>	- pulsilaiusmodulatsioon (<i>Pulse-Width Modulation</i>)
<i>R</i>	- raadius m
<i>s</i>	- teepikkus m
<i>SOT-223</i>	- väikesemõõtmelise kontuuriga transistor (<i>Small-Outline Transistor-223</i>)
<i>t</i>	- aeg s
<i>T</i>	- pöördemoment Nm
<i>U</i>	- pinge V
<i>UART</i>	- jadaliides (<i>Universal Asynchronous Receiver-Transmitter</i>)
<i>Wi-Fi</i>	- traadita kohtvõrk

- V_{in} - analoog-digitaalmuunduri sisendile rakendunud pinge V
- $WPA2$ - traadita kohtvõrgu kaitstud ligipääs (*Wi-Fi Protected Access II*)
- V_{ref} - analoog-digitaalmuunduri võrdluspinge V

SISSEJUHATUS

Garaažiukse juhtsüsteemid on olnud kasutusel juba aastakümneid ning nad lihtsustavad garaažiukse avamist ja sulgemist. Kui esimesed seadmed olid juhitud ainult garaažist seestpoolt, siis aastatega on nende kasutamine muutunud mugavamaks. Neid on võimalik juhtida raadiosageduslike juhtpultide, parooliga ligipääsetavate juhtpaneelide või nutitelefonide vahendusel. Lisatud on ka mitmed turvalahendused õnnetuste ja vigastuste vältimiseks. Paraku ei ole võimalik arvestada iga garaaži eripäradega või pakkuda kõikidele seadmetele kõike lisavarustust. Seetõttu ei pruugi igaüks leida just parasjagu talle sobivat seadet.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli projekteerida ja koostada kodukasutamiseks üles lae alla avatavale sektsioonilisele garaažiuksele juhtsüsteem, mis on juhitud garaažist väljaspool asuva juhtpaneeli, *Wi-Fi* kohtvõrgu ning garaažis sees asuvate juhtnuppude vahendusel. *Wi-Fi* kohtvõrk peab võimaldama nutitelefoni oleva mobiilirakendusega distantljuhtimist. Kolmandate isikute ligipääs peab olema tõkestatud, seega on oluline, et ligipääs juhtpaneeli ja nutitelefoni kaudu oleks paroolipõhine. Kasutama peab ka lisalukustust. Seadme kasutamine ei tohi olla kasutajale ohtlik. Voolukatkestuse ajal peab olema võimalik garaažiust käsitsi avada ja sulgeda. Töös koostatakse ka seadme valmistamise kohta hinnakalkulatsioon. Lõputöö ajendiks oli autori huvi garaažiukse juhtsüsteemide vastu, soov oma teadmisi ja oskusi praktilises töös kinnistada ning selle käigus ka neid täiendada. Autori perekonnas on ka liikmeid, kes ei ole oma tervisliku seisundi tõttu võimelised garaažiust käsitsi avama ja sulgema. Tööle andis tõuke ka tõsiasi, et autor ei leidnud turult talle sobivat valmisseadet.

Lõputöö esimeses peatükis on püstitatud tööülesanded ning on määratletud nõuded. Teine peatükk annab lühiülevaade garaažiukse juhtsüsteemide taustauuringust. Kolmandas peatükis on kirjeldatud seadme elektroonika ja mehaanika lahendusi. Neljandas peatükis on mainitud kasutatud programmeerimisvahendid ja –seadmed, on lihtsustatud kujul selgitatud programmikoodide tööpõhimõtteid ning on koostatud seadme hinnakalkulatsioon.

1. TÖÖ EESMÄRK

1.1. Ülesannete püstitus

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli projekteerida ja koostada kodukasutamiseks üles lae alla avatavale sektsioonilisele garaažiuksele juhtsüsteem, mis on garaaži seina külge kinnitatav ja väändevedru võlliga ühendatav.

Juhtsüsteemi loomiseks püstitatud ülesanded on:

1. Määratleda nõuded.
2. Uurida garaažiukse juhtsüsteemide tausta.
3. Projekteerida elektroonikaskeem ja mehaanilised detailid ning disainida ja tellida trükkplaadid koos elektroonikakomponentidega.
4. Joota elektroonikakomponendid trükkplaatidele ning tegeleda programmeerimisega.
5. Valmistada mehaanilised detailid eelnevalt tellitud materjalidest.
6. Komplekteerida seade.
7. Katsetada seadet ning teha sellest järeldused, pakkudes ka arenguvõimalusi.

Selle kasutajateks on lõputöö autori perekonnaliikmed ning seda kasutatakse garaažis, mille temperatuur jääb vahemikku 0 °C kuni 25 °C, mistõttu tuleb elektroonikakomponentide valikul sellest ka lähtuda. Garaažist väljapoole jäävad elektroonikakomponendid tuleb valida sellised, et need oleksid kasutatavad temperatuurini kuni -20 °C.

1.2. Juhtsüsteemi nõuded

Juhtsüsteem koosneb kolmest põhilisest osast: 1) ukسلukustus, 2) juhtpaneel ning 3) peasüsteem.

Ukselukustusele esitatavad nõuded:

1. Töötab võrgutoitega.
2. Liigutatav voolu olemasolul elektrimootoriga.
3. Liigutatav voolukatkestuse ajal käsitsi.

4. Juhtnupud garaažiukse seestpoolt avamiseks, sulgemiseks ja peatamiseks.
5. Vabastab garaažiukse lukustusest, kui sooviti garaažiust avada.
6. Lukustab garaažiukse, kui see jõudis suletud asendisse.
7. Elektrimootor ja juhtnupud paiknevad seinale kinnitatavas korpuses.
8. Korpuse ehitus võimaldab juhtmete ühendamist.

Juhtpaneelile esitatavad nõuded:

1. Töötab võrgutoitega.
2. Klaviatuur parooli sisestamiseks, muutmiseks ja garaažiukse juhtimiseks.
3. Ekraan informatsiooni kuvamiseks.
4. Nupp ekraani lähtestamiseks.
5. Võimaldab garaažiukse avamist, sulgemist, peatamist ja parooli muutmist alles pärast parooli sisestamist.
6. Kuvab ekraanil, millise nupuga saab garaažiust avada, sulgeda ning parooli muuta.
7. Võimaldab parooli uuestisisestamist, juhul kui vajutati valele nupule.
8. Kuvab ekraanil, kui parool oli õige või vale.
9. Kuvab ekraanil, kui parooli muutmise õnnestus.
10. Takistab ligipääsu 5 minutiks, kui sisestati vale parool kolm korda järjest.
11. Kuvab ekraanil ajaviite kestvust ja vähendab seda iga sekundi möödumisel.
12. Paigutatud seinale kinnitatavasse korpusesse.
13. Korpuse ehitus võimaldab juhtmete ühendamist.
14. Kaitstud pritsitava vee eest ja on tolmule vastupidav.

Peasüsteemile esitatavad nõuded:

1. Töötab võrgutoitega.
2. Liigutab garaažiust elektrimootoriga.
3. Võimaldab toitenupu kaudu juhtsüsteemi väljalülitamist.
4. Voolukatkestuse ajal saab garaažiust seestpoolt käsitsi avada ja sulgeda.
5. Loob turvatud *Wi-Fi* kohtvõrgu nimega *GarageWiFi*.
6. Avab garaažiukse, kui tehti nupuvajutus juhtpaneelil, garaažis sees või mobiilirakenduses asuval avamisnupul.
7. Sulgeb garaažiukse, kui tehti nupuvajutus juhtpaneelil, garaažis sees või mobiilirakenduses asuval sulgemisnupul.
8. Peatab garaažiukse, kui tehti uus nupuvajutus juhtpaneelil, garaažis sees või mobiilirakenduses asuval eelnevalt vajutatud nupul.
9. Peatab sulgemisel garaažiukse, kui selle alla jäävas 2,5 m pikkuses alas oli takistus ja ei liigu enne edasi, kui takistus on eemaldatud.
10. Peatab garaažiukse, kui see jõudis avatud või suletud asendisse.
11. Talletab juhtpaneeli ligipääsuparooli.
12. Avab või sulgeb garaažiukse umbes 25 sekundiga.
13. Paigutatud seinale kinnitatavasse korpusesse.
14. Korpuse ehitus võimaldab juhtmete ühendamist.
15. Ülepinge, lühise ja ülekoormuse vastane kaitse.

Eelnevalt loetletud nõuete alusel uuriti erinevaid võimalusi juhtsüsteemi loomiseks. Antud lõputöös on keskendutud ainult väljavalitud lahendussuunale.

1.3. Mobiilirakenduse nõuded

Juhtsüsteemi distantsjuhtimiseks oli tarvis luua nutitelefonis mobiilirakendus, millele esitatavad nõuded on:

1. Mobiilirakenduse nimeks *GarageWiFi*.
2. Võimaldab nutitelefonis kaudu garaažiust distantsilt juhtida, kui nutitelefoni on ühendatud *Wi-Fi* kohtvõrguga *GarageWiFi*.
3. Kasutatav Android operatsioonisüsteemiga nutitelefoni.
4. Mobiilirakenduses kuvatakse kasutajale kolm nuppu: roheline nupp garaažiukse avamiseks, punane nupp sulgemiseks ja oranž nupp kasutusjuhendi kuvamiseks.
5. Vajutus eelnevalt vajutatud nupul peatab garaažiukse liikumise.

Eelnevalt loetletud nõuete alusel uuriti erinevaid võimalusi mobiilirakenduse loomiseks ja selle graafilise kasutajaliidese kujundamiseks. Antud lõputöös on keskendutud ainult väljavalitud lahendussuunale.

2. SARNASED TOOTED

2.1. Ajalugu

Üheks esimeseks elektriliseks garaažiukse juhtsüsteemiks võib pidada 1926. aastal C. G. Johnson poolt loodud seadet. Võrreldes tänapäeval pakutavatega oli see suhteliselt algeline, võimaldades avamist ja sulgemist ainult garaažist seestpoolt. Nende seadmete puhul oli ka suur oht jääda garaažiukse alla, kuna neil puudusid turvalahendused. Ajapikku võeti kasutusele garaažist väljaspool asuvad juhtnupud, millele oli võimalik autoga ligi sõita. 1940. aastate paiku võeti kasutusele raadiosagedusel töötavad juhtpuldid [1].

2.2. Tänapäeval pakutavad tooted

Garaažiukse juhtsüsteemid jagunevad kaheks: 1) rihm-, kett- või keermelattülekandega lakke kinnituv juhtsüsteem ning 2) väändevedru völliiga ühendatav seina külge kinnituv juhtsüsteem. Esimene koosneb elektrimootorit ja selle juhtseadet sisaldavast peasüsteemist, metallsiinist ja selles liikuvast kelgust ning ülekandest. Elektrimootor liigutab ülekandega metallsiinis olevat kelku, mis on tõmbekangiga garaažiukse küljes. Väändevedru völliiga ühendatava juhtsüsteemi puhul on kõik vajaminevad komponendid paigutatud ühte korpusesse, mistõttu on see ka kompaktsem [1].

Üheks tuntuimaks garaažiukse juhtsüsteemide tootjaks on Saksamaa ettevõtte LiftMaster. Joonisel 2.1. on toodud nende poolt pakutavate juhtsüsteemide mõningad variandid: LiftMaster LM130EVS ja LiftMaster LM3800TX.



Joonis 2.1. Garaažiukse juhtsüsteemid LiftMaster LM130EVS (vasakul) ja LiftMaster LM3800TX (paremal) [2].

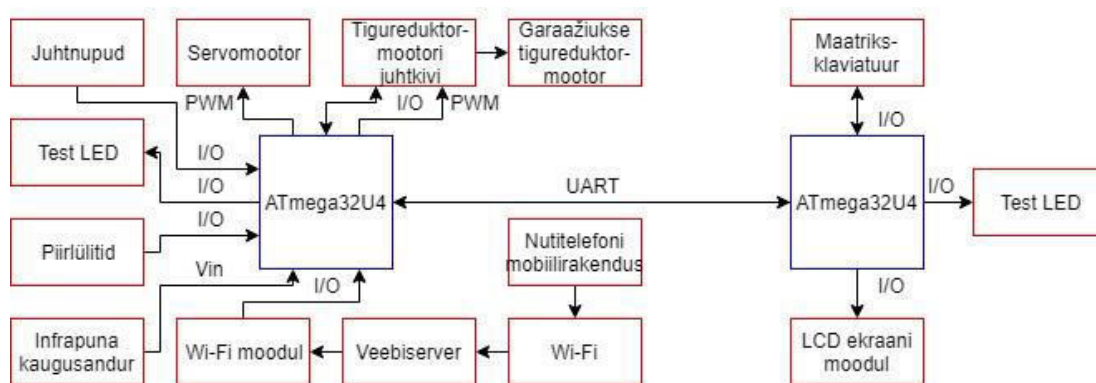
Neid juhitakse neljakanaliliste raadiosageduslike juhtpultidega, mida mõlemas komplektis on kaks tükki. LiftMaster LM130EVS juhtsüsteemi komplekti kuuluvad garaaži sisse paigaldatav kahe nupuga juhtmevaba seinalüliti ja fotoandurid. Juurde on võimalik osta *Wi-Fi* kohtvõrgu vahendusel distantsjuhtimist võimaldavat lisaseadet, garaažist väljapoole paigaldatavat juhtmevaba klaviatuuriga juhtpaneeli ja vilkuvat lampi. Sõltuvalt garaažiukse mõõtmetest tuleb eraldi osta ka sobiva pikkusega metallsiin. LiftMaster LM3800TX juhtsüsteemi komplekti kuuluvad väändevedru võlli kinnitustarvikud, elektriline lukk ja trossi pingsust mõõtev seade. Juurde on võimalik osta fotoandurid, aku ja garaažist väljapoole paigaldatavat juhtmevaba klaviatuuriga juhtpaneeli [2].

LiftMaster LM130EVS juhtsüsteem ei sobinud antud garaažis kasutamiseks, kuna sellist tüüpi seade jääks ette laes olevale riulile ning raskendaks sellele ligipääsu. Ühtlasi ei pakuta ukseelukustust, mistõttu oleks ka sissemurdmiste tõenäosus suurem. LiftMaster LM3800TX juhtsüsteem ei sobinud samuti, kuna tal puudub *Wi-Fi* kohtvõrgu vahendusel distantsjuhtimise võimekus. Samuti ei pakuta garaaži sisse paigaldatavaid juhtnuppe. Kuna garaažis teostatakse tehnika hooldus- ja remonttöid, on oluliselt mugavam garaažiust määratud kätega nutitelefoni kasutamise asemel seepool asuvate juhtnuppudega juhtida. Ebamugav on iga kord käia ka väljaspool asuva juhtpaneeli juures, eriti veel külmematel perioodidel. Seetõttu otsustas autor talle sobiva juhtsüsteemi ise projekteerida ja koostada.

3. JUHTSÜSTEEMI KOOSTAMINE

3.1. Elektroonikaskeem

Joonisel 3.1. on kujutatud garaažiukse juhtsüsteemi elektroonikakomponente ning nende vahelisi ühendusi lihtsustatud kujul visualiseeriv skeem koos andmete ja signaalide liikumiste suundadega.



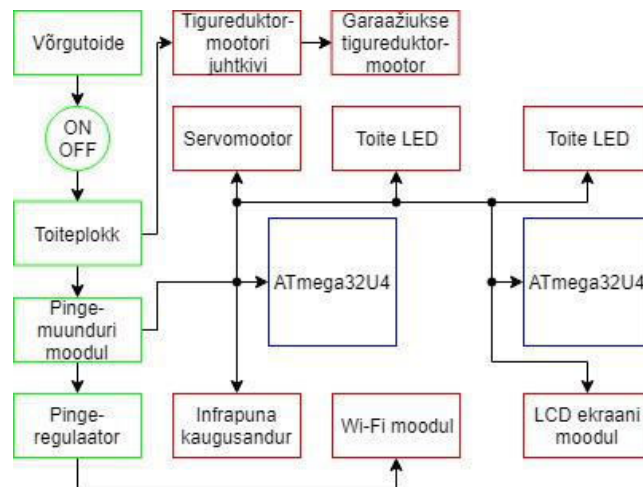
Joonis 3.1. Garaažiukse juhtsüsteemi elektroonikakomponente ning nende vahelisi ühendusi lihtsustatud kujul visualiseeriv skeem koos andmete ja signaalide liikumiste suundadega.

Peasüsteem ja juhtpaneel on varustatud trükkplaatidega ning nende keskmeks valiti Atmel ATmega32U4 mikrokontrollerid koos 16 MHz kristallidega TXC 7A-16,000MAAJ-T. Mikrokontrollerid suhtlevad *UART* liidesega. Peasüsteemi mikrokontroller juhib garaažiukse liigutamiseks kasutatavat tigireduktormootorit ja ukse lukustuse liigutamiseks kasutatavat servomootorit *PWM* signaaliga. Esimese puhul on vahelülits juhtkivi, mis võimaldab muuta mikrokontrolleri binaarväljunditega tigireduktormootori pöörlemissuunda ning teostada sujuvat kiirendamist ja aeglustamist. Mikrokontroller tuvastab binaarsisendiga juhtkivi poolt edastatud veaolukorra, mille järel tigireduktormootor peatatakse. Juhtnuppudega saab garaažiust seestpoolt avada, sulgeda ja peatada ning nende olekuid tuvastatakse mikrokontrolleri binaarsisenditega. Samamoodi toimitakse garaažiukse avatud ja suletud asenditesse jõudmise registreerimiseks kasutatavate piirlülite puhul. Infrapuna kaugusandur tuvastab garaažiukse all oleva

takistuse. Tema väljundiks olev analoogpinge on sõltuvuses takistuse kaugusest ning seda digitaliseeritakse mikrokontrolleri analoog-digitaalmuunduriga. *Wi-Fi* moodul loob turvatud kohtvõrgu, võimaldades garaažiust kohtvõrguga ühendatud nutitelefoniga mobiilirakenduse kaudu distantsilt juhtida. Selleks, et mikrokontroller teeks vahet, millisele juhtnupule vajutati, kasutatakse selleks *Wi-Fi* mooduli kahte binaarväljundit, mille olekuid vastavalt muudetakse. Mikrokontroller tuvastab need olekud kahe binaarsisendiga.

Juhtpaneeli mikrokontroller suhtleb binaarväljundite abil *LCD* ekraani mooduliga, mille kaudu kuvatakse informatsiooni. Maatriksklaviatuuri kasutatakse parooli sisestamiseks, muutmiseks ja garaažiukse juhtimiseks. Sellel allavajutatud nupu väärtus tuvastatakse mikrokontrolleri binaarsisendite ja –väljunditega. Mõlemal trükkplaadil on *LED*, mida kasutatakse programmeerimise õnnestumises veendumiseks.

Joonisel 3.2. on kujutatud garaažiukse juhtsüsteemi toiteosa lihtsustatud kujul visualiseeriv skeem.



Joonis 3.2. Garaažiukse juhtsüsteemi toiteosa lihtsustatud kujul visualiseeriv skeem.

Juhtsüsteem töötab võrgutoitel ning selleks kasutatakse toiteplokki. Sellega muundatakse 230 V vahelduvpinge 24 V alalispingeks. Teda on võimalik ka toitenupust välja lülitada. Tigureduktormootor töötab 24 V toitepingega. Servomootor, infrapuna kaugusandur, *LCD* ekraani moodul ja mõlemad mikrokontrollerid saavad 5 V toitepinge peasisüsteemi trükkplaadi pingemuunduri moodulist. *Wi-Fi* moodul saab toite 3,3 V väljundpingega

pingeregulaatorist. Mõlemal trükkplaadil on *LED*, millega veendutakse 5 V toitepinge olemasolus.

3.2. Ukselukustus

3.2.1. Juhtnupud

Garaažiukse seestpoolt juhtimiseks valiti MultiComp R13-548CL-05-BR ja MultiComp R13-548CL-05-BG juhtnupud, kuna on paigaldatavad korpuse välisküljele, nad on erineva värvusega ning need on kasutatavad temperatuuridel 0 °C kuni 65 °C [3]. Juhtnupud on toodud joonisel 3.3.



Joonis 3.3. MultiComp R13-548CL-05-BR ja MultiComp R13-548CL-05-BG juhtnupud garaažiukse seestpoolt juhtimiseks.

Tegemist on ühepooluselistel avatud asendis olevate lihtlülititega, mille allhoidmisel tekib klemmide vahel elektriline kontakt ning lahtilaskmisel ühendus katkeb [3]. Rohelise nupuga saab garaažiust avada ja punasega sulgeda. Vajutus eelnevalt vajutatud nupul peatab garaažiukse. Juhtnupud on ühendatud peasüsteemi trükkplaadiga läbi kruviterminali, mille ühendusskeem on toodud LISAS A.

3.2.2. Servomootor

Tigureduktormootoris kasutatav ülekanne koosneb vedavast lülist ehk teost ja mittevedavast lülist ehk plastmassist tigurattast. Kuna garaažiukse väändevedru võll kinnitub just plastmassist tiguratta külge, võib suure jõu rakendamisel see puruneda. Selle vältimiseks otsustati seina külge kinnitatud ukseriiviga garaažiust lukustada ning takistada läbi tiguratta purunemise garaaži sissemurdmise võimalus. Ukseriivi juhtimiseks valiti servomootor Tower Pro SG90, kuna selle võlli saab *PWM* signaaliga erinevatesse asenditesse juhtida, ta töötab 5 V toitepingega ning see on kasutatav temperatuuridel -10 °C kuni 50 °C [4]. Servomootor koos komplekti kuuluvate kruvide ja plastikõlaga on toodud joonisel 3.4.



Joonis 3.4. Ukseriivi liigutamiseks kasutatav servomootor Tower-Pro SG90 koos komplekti kuuluvate kruvide ja plastikõlaga. 1 – pruun maandusjuhe, 2 – punane toitejuhe, 3 – oranž *PWM* signaalijuhe.

Tema maksimaalne voolutarve on kuni 600 mA. Servomootori võlli on võimalik liigutada 180 ° ulatuses ning selle asend sõltub sellest, kui pikalt on 20 ms perioodiga *PWM* signaal kõrgel pingeniivol. Näiteks 1,5 ms perioodiga impulsi puhul liigub võll asendisse 90°. Varieerides impulsi perioodi on võimalik võlli ja selle külge ühendatud ukseriivi erinevatesse asenditesse juhtida [4]. Servomootor on ühendatud peasüsteemi trükkplaadiga läbi kruviterminali, mille ühendusskeem on toodud LISAS A.

3.2.3. Ukselukustuse korpus ja ukseriiv

Autor projekteeris ja koostas juhtnuppudele ja servomootorile korpuse ning servomootori ja ukseriivi ühenduslülili, mis on koos ukseriiviga toodud joonisel 3.5.



Joonis 3.5. Juhtnuppudele ning servomootorile projekteeritud ja koostatud korpus koos ühenduslülili ja ukseriiviga.

Korpus valmistati 3D-printeriga Ultimaker 3 ning selleks kasutati *ABS* plasti. Ühenduslülili valmistati 0,5 mm paksusest tsinkplekist. Detailid krunditi ja värviti. Elektriühendused teostati 8-soonelise signalisatsioonikaabliga S8X022W, mis läbib korpuse peal olevat juhtme läbiviiku HT Hi Tech Polymers HSS-M9-TPE. Ukselukustuse tehnilised joonised koostati Solidworks 2017 modelleerimistarkvaraga ning need on toodud LISAS C.

3.3. Piirlülitid

Garaažiukse avatud ja suletud asenditesse jõudmise tuvastamiseks valiti kaks Omron D2SW-01L2-3M rullikhoobadega piirlülitit, kuna neil on olemas kinnitusavad, lülitist eemaleulatuvad garaažiuksega kontakti sattudes allavajutuvad rullikhoovad ning need on kasutatavad temperatuuridel -40 °C kuni 85 °C [5]. Autor projekteeris ja koostas piirlülititele 0,5 mm paksusest tsinkplekist kinnitused ning kruntis ja värvis need. Need on koos piirlülititega toodud joonisel 3.6.

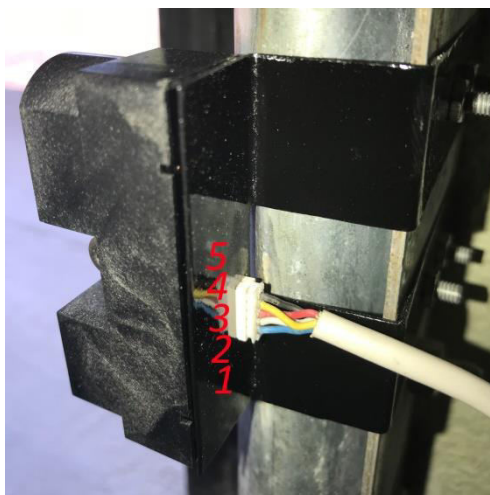


Joonis 3.6. Omron D2SW-01L2-3M rullikhoobadega piirlülitid koos kinnitustega garaažiukse avatud (vasakul) ja suletud (paremal) asenditesse jõudmise tuvastamiseks.

Tegemist on ühepooluseliste avatud asendis olevate piirlülititega, mille rullikhoobade allhoidmisel tekib klemmide vahel elektriline kontakt ning lahtilaskmisel ühendus katkeb [5]. Piirlülitid on ühendatud peasüsteemi trükkplaadiga läbi kruviterminali, mille ühendusskeem on toodud LISAS A. Elektriühendused teostati 4-soonelise signalisatsioonikaabliga S4X022W. Piirlülitite tehnilised joonised koostati Solidworks 2017 modelleerimistarkvaraga ning need on toodud LISAS D.

3.4. Infrapuna kaugusandur

Vältimaks takistuste jäämist garaažiukse alla, otsustati kasutada Sharp GP2Y0A710K0F infrapuna kaugusandurit, kuna garaažiukse laius jääb selle tööulatusse, ta töötab 5 V toitepingega, selle väljundiks olevat analoogpinget on võimalik mikrokontrolleri analoog-digitaalmuunduriga digitaliseerida ning see on kasutatav temperatuuridel -10 °C kuni 60 °C [6]. Autor projekteeris ja koostas infrapuna kaugusandurile 0,5 mm paksusest tsinkplekist kinnituse ning kruntis ja värvis selle. See on koos infrapuna kaugusanduriga toodud joonisel 3.7.



Joonis 3.7. Sharp GP2Y0A710K0F infrapuna kaugusandur koos kinnitusega garaažiukse all oleva takistuse tuvastamiseks. 1 – sinine maandusjuhe, 2 – valge toitejuhe, 3 – punane toitejuhe, 4 – kollane analoogpinge juhe, 5 – must maandusjuhe.

Andur koosneb ühises korpuses olevast infrapunakiirt kiirgavast *LED*-ist ning objektilt tagasipeegeldunud infrapunakiirt tuvastavast positsioonitundlikust fotoelemendist, mille elektriline juhtivus ja selle muundamisel saadud väljundpinge sõltuvad sellest, millisele fotoelemendi osale tagasipeegeldunud infrapunakiir langes. See on omakorda sõltuvuses objekti kaugusest. Seeläbi on võimalik tuvastada tagasipeegeldunud kiire langemisnurk ning objekti kaugus andurist [7]. Tema maksimaalne voolutarve on kuni 330 mA [6]. Infrapuna kaugusandur on ühendatud peasüsteemi trükkplaadiga läbi kruviterminali, mille ühendusskeem on toodud LISAS A. Tehnilised joonised koostati Solidworks 2017 modelleerimistarkvaraga ning need on toodud LISAS E. Elektriühendused teostati 6-soonelise signalisatsioonikaabliga S6X022W.

Infrapuna kaugusanduri väljundiks oleva analoogpinge muundamiseks kasutati peasüsteemi mikrokontrollerisse integreeritud 10-bitist analoog-digitaalmuundurit. Järgnevalt leiti 2,5 m kaugusel oleva takistuse puhul anduri väljundiks oleva analoogpinge digitaliseeritud väärtus (valem 3.1.).

ATmega32U4 mikrokontrollerisse integreeritud 10-bitise analoog-digitaalmuunduri muundamise tulemus on kirjeldatud valemiga [8]

$$ADC = \frac{V_{in} \cdot 1023}{V_{ref}}, \quad (3.1.)$$

kus ADC on analoog-digitaalmuunduri muundamise tulemus;

V_{in} – analoog-digitaalmuunduri sisendile rakendunud pinge V;

V_{ref} – analoog-digitaalmuunduri võrdluspinge V.

Infrapuna kaugusanduri andmelehes olevalt pinge-distsantsi graafikult selgus, et analoogpinge väärtus 2,5 m kaugusel oleva takistuse puhul on umbes 1,7 V [6]. Sellisel juhul on muundamise tulemus 352. Järelikult, kui saadakse sellest väärtusest suurem väärtus, on alust arvata, et garaažiukse all on takistus. Analoogpinge ja selle digitaliseerimisel saadud väärtus on seda suurem, mida lähemal on takistus. Reaalne katsetus kinnitas arvutuse õigsust.

3.5. Juhtpaneel

3.5.1. Vedelkristallekraani moodul

Kuvamaks juhtpaneelil kasutajale informatsiooni, valiti Raystar Optronics RC1602B-GHY-CSXD *LCD* ekraani moodul, kuna sellele on võimalik andmeid saata mikrokontrolleri binaarväljunditega, ta töötab 5 V toitepingega ning see on kasutatav temperatuuridel -20 °C kuni 70 °C [9]. *LCD* ekraani moodul on toodud joonisel 3.8.



Joonis 3.8. Raystar Optronics RC1602B-GHY-CSXD *LCD* ekraani moodul informatsiooni kuvamiseks juhtpaneelil. 1 – maandusviik, 2 – toiteviik, 3 – teksti kontrasti reguleerimise viik, 4 – andme- ja käsuregistri vahel valimise viik, 5 – andmete kirjutamise või lugemise viik, 6 – kirjutamise või lugemise initsialiseerimise viik, 7–14 – andmeviigud, 15 – taustavalguse toiteviik, 16 – taustavalguse maandusviik.

5 V toitepingel on selle maksimaalne voolutarve 1,2 mA. Teksti kontrasti reguleerimiseks ühendati viigu 3 külge 10 kΩ potentsiomeeter Bourns 3314J-1-103E. Viik 5 ühendati maandusega, kuna toimub ainult andmete kirjutamine. Kuigi andmeviike on kokku kaheksa, piisas antud juhul ainult neljast [9]. *LCD* ekraani moodul on joodetud juhtpaneeli trükkplaadile läbi piikriba, mille ühendusskeem on toodud LISAS B. Selle kinnitamiseks trükkplaadile kasutati nelja Fix&Fasten FIX-MADA-3,5 plastiklõksu.

3.5.2. Maatriksklaviatuur

Parooli sisestamiseks ja muutmiseks ning garaažiukse juhtimiseks valiti MultiComp MCAK207NBBWWP maatriksklaviatuur, kuna on vee- ja tolmukindel ning see on kasutatav temperatuuridel -20 °C kuni 60 °C [10]. Maatriksklaviatuur on toodud joonisel 3.9.



Joonis 3.9. MultiComp MCAK207NBBWWP maatriksklaviatuur parooli sisestamiseks ja muutmiseks ning garaažiukse juhtimiseks. 1 – 2. veerg, 2 – 1. rida, 3 – 1. veerg, 4 – 4. rida, 5 – 3. veerg, 6 – 3. rida, 7 – 2. rida.

Tal on neli reaviiku ja kolm veeruviiku [10]. Reaviigud ühendati mikrokontrolleri binaarväljundite ja veeruviigud binaarsisenditega. Programmikood seab ükshaaval reaviigud madala pingeniivooni, samal ajal kui kõik ülejäänud on kõrgel pingeniivool. Seejärel kontrollitakse binaarsisendite seisusid. Kui kasutaja ühe nuppudest alla vajutas, tekkis ühe rea- ja veeruviigu vahel elektriline kontakt. Selle tulemusena maandatakse üks binaarsisend ühe binaarväljundi kaudu maandusega, mis tuvastatakse mikrokontrolleri poolt. Seeläbi saadaksegi teada kasutaja poolt allavajutatud nupu väärtus. Maatriksklaviatuur on joodetud juhtpaneeli trükkplaadile läbi piikriba, mille ühendusskeem on toodud LISAS B. Selle kinnitamiseks trükkplaadile kasutati nelja Fix&Fasten FIX-MADA-3,5 plastiklõksu.

3.5.3. Juhtpaneeli trükkplaat

Juhtpaneeli trükkplaat projekteeriti ja disainiti Autodesk Eagle PCB Design & Schematic Software tarkvara versiooniga 8.4.1 [11]. Esmalt projekteeriti elektroonikaskeem sümbolkujul ning selle alusel disainiti trükkplaat. Juhtpaneel on ühendatud peasüsteemiga läbi kruviterminali. Selle toiteviigu juurde lisati pinge stabiliseerimiseks kondensaator. Mikrokontrolleri programmeerimiseks lisati *mUSB* pesa Amphenol 10104110-0001LF ning lähtestamise ja buudilaaduri surunupud Panasonic EVQQ2D03W. Nende lähedusse

lisati kondensaatorid nende allavajutamisel tekkiva värelemise vältimiseks. Lisati ka 12 2,5 mm läbimõõduga ava trükkplaadi, *LCD* ekraani mooduli ja maatriksklaviatuuri kinnitamiseks. *UART* liidese signaaliradadele lisati jadamisi 1 k Ω takisti, mis piirab voolu suurust ning kaitseb mikrokontrolleri viikuseid [12]. Ohmi seaduse kohaselt piiratakse sellisesse viiku mineva või viigust väljuva voolu suuruseks 5 V/1 k Ω =5 mA [13]. *UART* liidesele lisati staatilise elektri kaitsekihi Texas Instruments TPD2E009DRTR. Kui *UART* liidese signaaliradade pinge väljub vahemikust 0 V kuni 5,5 V, toimub ülepinge maandamine [14]. Juhtpaneeli trükkplaadi sümbolkujul elektroonikaskeem ja selle põhjal projekteeritud ja disainitud trükkplaadi ülemise ja alumise kihi skeemid on toodud LISAS B. Joonisel 3.10. on toodud juhtpaneeli trükkplaadi ülemine ja alumine kiht koos joodetud elektroonikakomponentidega.



Joonis 3.10. Juhtpaneeli trükkplaadi ülemine (vasakul) ja alumine (paremal) kiht koos joodetud elektroonikakomponentidega.

Kruviterminali ja selle viikude nimetused lisati ekslikult pealmisele kihile, kuigi neid sooviti alumisele kihile. Samuti disainiti ka surunuppude rajad valesti. Mikrokontrolleri lähtestamise ja buudilaaduri viigud oleksid surunuppude trükkplaadile jootmisel olnud otse maandatud, kuid ühendus maandusega oleks pidanud tekkima alles pärast surunupu allavajutamist. Probleemi lahendamiseks keerati surunupud 90 ° võrra ning joodeti trükkplaadile.

3.5.4. Juhtpaneeli korpus

Autor projekteeris ja koostas juhtpaneeli trükkplaadile korpuse, mis on koos trükkplaadiga toodud joonisel 3.11.



Joonis 3.11. Juhtpaneeli trükkplaadile projekteeritud ja koostatud korpus koos trükkplaadiga.

Korpus ja lähtestamise nupu pikendus valmistati 3D-printeritega Ultimaker 3 ja Stratasys ning selleks kasutati *ABS* plasti. Detailid krunditi ja värviti. *LCD* ekraani mooduli kaitseks liimiti selle ette korpusele 2 mm paksune kirkas klaas. Lähtestamise nupp liimiti trükkplaadil oleva surunupu külge. Elektriühendused teostati 4-soonelise signalisatsioonikaabliga S4X022W, mis läbib korpuse peal olevat juhtme läbiviiku HT Hi Tech Polymers HSS-M9-TPE. Maatriksklaviatuuri ja korpuse vahele lisati ka tihend. Juhtpaneeli tehnilised joonised koostati Solidworks 2017 modelleerimistarkvaraga ning need on toodud LISAS F.

3.6. Peasüsteem

3.6.1. Tigureduktormootor

Garaažiuks on varustatud väändevedru mehhanismiga, mis tasakaalustab selle raskust ning lihtsustab avamist ja sulgemist. See koosneb väändevedrust, väändevedru võllist,

radiaalkuullaagritest, vabaratastest, trossidest, trossitrumlitest ja seinakinnitustest. Väändevedru paikneb võlli ümber ning selle üks ots on võlli külge fikseeritud. Teine ots on seinakinnituse küljes. Võll on istatud radiaalkuullaagritega, mis on omakorda seinakinnituste küljes. Võlli mõlemas otsas on trossitrumlid, millele tross peale keritakse. Trossid kinnituvad läbi vabarataste ukse alumise osa külge (joonis 3.12.).



Joonis 3.12. Üles lae alla avatav sektsiooniline garaažiuks koos väändevedru mehhanismiga. 1 – väändevedru, 2 – väändevedru võll, 3 – seinakinnitus koos radiaalkuullaagriga, 4 – trossitrummel, 5 – vabaratas, 6 – tross.

Kui garaažiuks suletud asendisse liigub, keritakse trossid trumlite pealt maha, mis omakorda väänavad vedrut. Sellesse salvestub potentsiaalne energia. Avamisel energia vabaneb ning avamine muutub lihtsamaks [15]. Saamaks teada, milliste näitajatega tigureduktormootorit kasutada, tuli esmalt leida avamiseks vajamineva jõu suurust. Selleks riputati trossitrumi peale keritud uue trossi külge raskusi niikaua, kuni garaažiuks avanema hakkas. Mõõdeti ka vahemaa avatud ja suletud asendi vahel, milleks saadi 2,535 m. Teada oli ka trossitrumli läbimõõt (0,108 m) ja avamise või sulgemise aeg (25 s). Garaažiuks avanes 16,7 kg raskusega. Järgnevalt leiti 16,7 kg raskuse keha raskusjõud (valem 3.2.), keha poolt suletud asendist avatud asendisse tehtava töö hulk (valem 3.3.), 25 s jooksul rakendatav võimsus (valem 3.4.) ja pöördemoment (valem 3.5.).

Kehale mõjuv raskusjõud on kirjeldatud valemiga [16]

$$F = m \cdot g, \quad (3.2.)$$

kus F on trossi otsa riputatud kehale mõjuv raskusjõud N;

m – keha mass kg;

g – keha raskuskiirendus m/s^2 .

Seega on 16,7 kg kehale mõjuva raskusjõu suuruseks 163,827 N.

Keha poolt tehtav töö on kirjeldatud valemiga [17]

$$A = F \cdot s, \quad (3.3.)$$

kus A on trossi otsa riputatud keha poolt tehtav töö J;

F – kehale mõjuv raskusjõud N;

s – keha poolt läbitud teepikkus m.

Seega teeb 16,7 kg raskus 2,535 m teepikkuse jooksul tööd 415,301 J.

Keha poolt rakendatav võimsus on kirjeldatud valemiga [17]

$$N = \frac{A}{t}, \quad (3.4.)$$

kus N on trossi otsa riputatud keha poolt rakendatav võimsus W;

A – keha poolt tehtav töö J;

t – keha poolt tehtava töö kestvus s.

Seega rakendab 16,7 kg raskus 25 s jooksul võimsust 16,612 W.

Keha poolt rakendatav pöördemoment on kirjeldatud valemiga [18]

$$T = F \cdot R, \quad (3.5.)$$

kus T on trossi otsa riputatud keha poolt trossitrumlile rakendatav pöördemoment Nm;

F – kehale mõjuv raskusjõud N;

R – trossitrumli raadius m.

Seega rakendab 16,7 kg raskus pöördemomendi 9,666 Nm.

Järelikult on garaažiukse 25 s avamiseks või sulgemiseks vaja tigureduktormootorit, mille mehaaniline väljundvõimsus on vähemalt 16,612 W ning mis suudaks rakendada pöördemomenti vähemalt 9,666 Nm. Selleks oli autoril varasemast ajast olemas 24 V toitepingega töötav SWF Valeo Nidec ITT 404.854 tigureduktormootor, mis on toodud joonisel 3.13.



Joonis 3.13. 24 V toitepingega töötav SWF Valeo Nidec ITT 404.854 tigureduktormootor garaažiukse liigutamiseks.

Tigureduktormootori andmelehes olevalt mootori karakteristikute graafikult selgus, et pöördemomenti umbes 10 Nm rakendatakse kiirusel umbes 52,5 p/min voolutarbega umbes 6,5 A [19]. Trossitrumli raadiuse kaudu on võimalik välja arvutada selle ümbermõõt valemiga $C=2\cdot\pi\cdot R$ [20]. Selleks saadi $2\cdot\pi\cdot 0,108=0,371$ m. Järelikult peab trossitrummel läbima 2,535 m teepikkuse, et garaažiuks avatud või suletud asendisse jõuaks ning ta peab tegema seda ajaga 25 s. Seega teeb ta selle aja jooksul $2,535/0,371=6,832$ pööret, mis teeb pöörete arvuks minutis $60\cdot 6,832/25=16,397$ p/min. Ühendades tigureduktormootori otse väändevedru võlli külge, avaneks või sulgeks garaažiuks ajaga $60\cdot 6,832/52,5=7,808$ s, mis on liiga kiire. Seetõttu otsustati kasutada 3.5:1 ülekandesuhtega kettülekannet. Ülekanne suurendab tigureduktormootori poolt võllile rakendatavat pöördemomenti ning vähendab selle pöörlemiskiirust [21]. Seega 3.5:1 ülekandesuhte korral pöördemoment suureneb umbes 3,5 korda ja pöörlemiskiirus väheneb umbes sama suurusjärgu võrra. Tigureduktormootor peab sellise ülekandesuhte juures garaažiukse avamiseks või sulgemiseks rakendama pöördemomenti $9,666/3,5=2,762$ Nm. Tigureduktormootori andmelehes olevalt mootori karakteristikute graafikult selgus, et sellist pöördemomenti rakendatakse kiirusel umbes 60 p/min. Väändevedru võlli pöörlemiskiirus oleks sellisel juhul $60/3,5=17,143$ p/min. See teeb avamise või sulgemise ajaks $60\cdot 6,832/17,143=23,940$ s. Elektrimootor tarbib sel ajal voolu umbes 3,5 A [19].

Järgnevalt leiti garaažiukse avamiseks või sulgemiseks tigureduktormootori poolt rakendatav mehaaniline väljundvõimsus (valem 3.6.).

Elektrimootori mehaaniline väljundvõimsus on kirjeldatud valemiga [22]

$$P = \frac{T \cdot n \cdot 2 \cdot \pi}{60}, \quad (3.6.)$$

kus P on tigureduktormootori mehaaniline väljundvõimsus W;

T – tigureduktormootori pöördemoment Nm;

n – tigureduktormootori pöörlemiskiirus p/min.

Seega on kiirusel 60 p/min ja pöördemomendiga 2,762 Nm tigureduktormootori mehaaniline väljundvõimsus 17,354 W. Libisemise puudumise tõttu on kettülekandes tekkivad võimsuskaod väikesed, seega võivad nende kasutegurid olla kuni 98,5 % [23]. Kuna tekkivad kaod on väikesed, on valitud kettülekanne ja tigureduktormootor sobivad, et garaažiuks umbes 25 s jooksul avada või sulgeda. Katsetuse käigus avanes ja sulges garaažiuks umbes 23 sekundiga. Kuna tigureduktormootorile rakenduv koormus ei ole konstantne, erinebki arvutuslikult saadud väärtus tegelikkusest, kuid see jääb lubatu piiresse. Tigureduktormootor on ühendatud peasüsteemi trükkplaadiga läbi kruviterminali, mille ühendusskeem on toodud LISAS A.

3.6.2. Kettülekanne

Tigureduktormootori ja garaažiukse väändevedru võlli ühendamiseks valiti ISO 06B-1 standardile vastav kettülekanne. See koosneb tigureduktormootori külge ühendatavast 10 hambalisest rummuga ketirattast, garaažiukse väändevedru võlli külge ühendatavast 35 hambalisest rummuga ketirattast ning neid omavahel ühendavast 1 m pikkusest rullpuksketist koos ketilukuga.

Väiksema ketiratta keskava suurendati, et see sobiks tigureduktormootori võllile ning selle fikseerimiseks lisati stopperkrui. Kuna voolukatkestused on harvaesinevad, leiti, et akutoite kasutamine ei õigusta end ära. Seetõttu tuli suurem ketiratas töödelda selliselt, et voolukatkestuse ajal oleks võimalik seda vabastada. Selleks töödeldi talle üherealise radiaalkuullaagri Timken 6005 2RS jaoks laagipesa ning keskava keermestati. Sellesse

avasse keerati 16 mm diameetriga ümarrauast valmistatud otsakeermega völli, mis fikseeriti mutri ja splindiga ketiratta külge. Völli teise otsa tehti risti ava. Ketiratas istati garaažiukse väändevedru völliile selliselt, et völliil olev ava kattuks väändevedru völliil olevaga. Sellesse sisestati splint, mis fikseerib nende asendi ning võimaldab voolu olemasolul garaažiust juhtsüsteemiga juhtida. Voolukatkestuse ajal on võimalik splint eemaldada ning suurem ketiratas vabastada. Sel viisil on tagatud garaažiukse käsitsi avamise ja sulgemise võimalus. Kettülekanne on toodud joonisel 3.14.

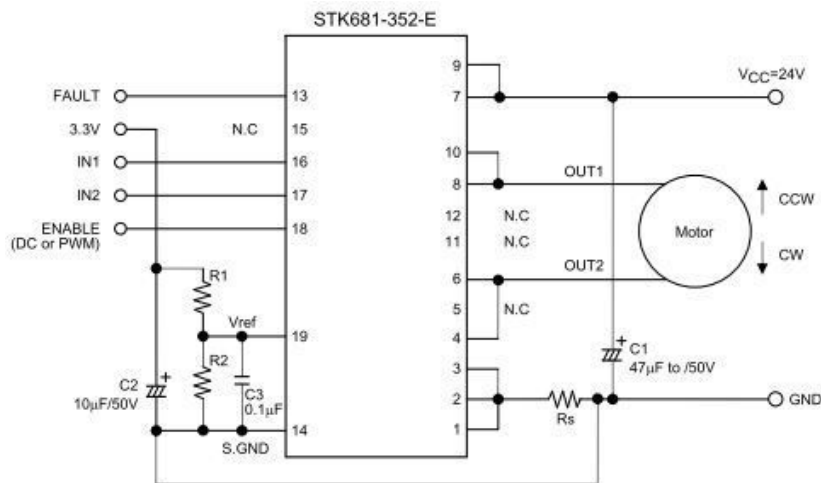


Joonis 3.14. ISO 06B-1 standardile vastav kettülekanne tigureduktormootori ja garaažiukse väändevedru völli ühendamiseks.

Kettülekanne tehnilised joonised koostati SolidWorks 2017 modelleerimistarkvaraga ning need on toodud LISAS G.

3.6.3. Tigureduktormootori juhtkivi

Garaažiukse liigutamiseks kasutatava tigureduktormootori juhtimiseks valiti ON Semiconductor STK681-352-E juhtkivi, kuna selle toitepingeks on vähemalt 24 V, maksimaalseks väljundvooluks vähemalt 3,5 A, sellega on võimalik muuta tigureduktormootori pöörlemissuunda, teostada *PWM* signaaliga sujuvat kiirendamist ja aeglustamist ning tal on ka ülekuumenemise, lühise ja ülekoormuse vastane kaitse [24]. Juhtkivi näiteskeem on toodud joonisel 3.15.



Joonis 3.15. ON Semiconductor STK681-352-E juhtkivi tigureduktormootori juhtimiseks. 1, 2, 3, 14 – maandusviigud, 4, 6, 8, 10 – tigureduktormootori ühendusviigud, 7, 9 – toiteviigud, 13 – väljundviik mikrokontrollerile veaolukorrast teavitamiseks, 16, 17 – mikrokontrolleriga ühendatud sisendviigud tigureduktormootori pöörlemissuuna määramiseks ja pidurdamiseks, 18 – mikrokontrolleriga ühendatud *PWM* signaali sisendviik, 19 – võrdluspinge sisendviik tigureduktormootori maksimaalse voolu piiramiseks, 5, 11, 12, 15 – ühenduseta viigud [24].

Juhtkivis kasutatakse nelja väljatransistori, mis on paigutatud H-silla konfiguratsiooni. See võimaldab tigureduktormootorile pinget rakendada mõlemas suunas ning seeläbi muuta tema pöörlemissuunda ja teostada pidurdamist. Viigu 19 külge ühendati 2k Ω potentsiomeeter Bourns 3214W-1-202E ning maandusviikude 1, 2 ja 3 juurde lisati voolu mõõtev takisti. Selline konfiguratsioon võimaldab potentsiomeetriga piirata tigureduktormootori maksimaalse voolu suurust [24].

Juhtkivi andmelehes pole märgitud ränikristalli ja ümbritseva keskkonna vahelist soojustakistust, mistõttu polnud võimalik arvutada tekkivat soojuseraldust. Seetõttu lähtuti andmelehes etteantud piirväärtustest ning katsetuse tulemusena veenduti, et neid väärtusi ei saavutata. Juhtkivi ühendusskeem on toodud LISAS A.

3.6.4. *Wi-Fi* moodul

Garaažiukse distantsjuhtimiseks valiti ESP-01 *Wi-Fi* moodul, kuna on lihtsasti programmeeritav Arduino IDE keskkonnas, ta töötab 3,3 V toitepingega, selle *Wi-Fi* kohtvõrk on krüpteeritud *WPA2* protokolliga ning sellel on vähemalt kaks väljundviiku mikrokontrolleriga suhtlemiseks [25]. *Wi-Fi* moodul on toodud joonisel 3.16.

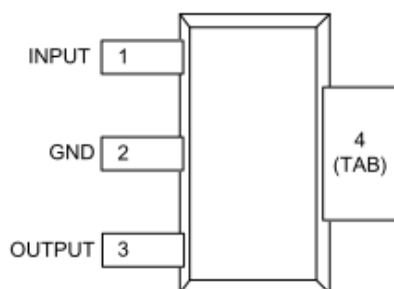


Joonis 3.16. ESP-01 *Wi-Fi* moodul garaažiukse distantsjuhtimiseks. 1 – maandusviik, 2 – *UART* väljundviik, 3 – sisend-väljundviik, 4 – mooduli sisse- ja väljalülitamise viik, 5 – sisend-väljundviik, 6 – lähtestamise viik, 7 – *UART* sisendviik, 8 – toiteviik.

Tegemist on iseseisva süsteemikiibiga, millel on integreeritud internetiprotokollistik. Teda on võimalik seadistada tööle eraldiseisva kohtvõrguna või ühendada ta olemasolevasse *Wi-Fi* kohtvõrku. Tema maksimaalne voolutarve on kuni 215 mA [25]. Kuna juhtpaneel ja peasüsteem juba suhtlevad *UART* liidesega, siis *Wi-Fi* mooduli puhul selle kasutamisest loobuti, vaid otsustati kasutada sisend-väljundviikusid 3 ja 5. *Wi-Fi* moodul loob kohtvõrgu nimega *GarageWiFi* ning turvab selle *WPA2* krüpteeringuga. Kasutaja saab nutitelefoni kaudu kohtvõrguga ühenduda, kasutades selleks ettenähtud parooli. Pärast seda on võimalik mobiilirakendusega garaažiust distantsilt juhtida. Avamisnupule vajutamisel seatakse üks sisend-väljundviik kõrge pingeniivoni, teine madala pingeniivoni. Sulgemisnupule vajutamisel tehakse seda vastupidiselt. Seeläbi suudab peasüsteemi mikrokontroller teha vahet, kummale juhtnupule vajutati. *Wi-Fi* moodul on ühendatud peasüsteemi trükkplaadiga läbi piikriba, mille ühendusskeem on toodud LISAS A.

3.6.5. Pingeregulaator

Wi-Fi mooduli toiteks valiti Texas Instruments LM2937-3.3 pingeregulaator, kuna selle lubatud sisendpinge vahemik on 4,75 V kuni 26 V, väljundpingeks on 3,3 V ning maksimaalseks väljundvooluks 400 mA [26]. Pingeregulaator on toodud joonisel 3.17.



Joonis 3.17. SOT-223 pakendiga Texas Instruments LM2937-3.3 pingeregulaator *Wi-Fi* mooduli toiteks. 1 – reguleerimata sisendpinge viik, 2 – maandusviik, 3 – reguleeritud väljundpinge viik, 4 – viik maanduseks ja soojuse ärajuhtimiseks [26].

Tema tööpõhimõte seisneb selle keskmes oleva bipolaartransistori baasi seadmises sellisesse asendisse, et sellel tekkiva pingelangu tõttu oleks väljundis konstantne 3,3 V pinge. Selleks kasutatakse tagasisideahelat, mille kaudu saadakse bipolaartransistori juhtivasse operatsioonivõimendi sisendisse võrdluspinge. Selleks, et operatsioonivõimendi sisendid saaksid võrdsedeks, peab ta oma väljundi külge ühendatud baasi asendit reguleerima, muutes seeläbi ka väljundpinge suurust [27]. Pingeregulaatori ühendusskeem on toodud LISAS A.

Järgnevalt arvutati *Wi-Fi* mooduli maksimaalsel voolutarbel pingeregulaatoris tekkiv soojuseraldus ning veenduti, et ta üle ei kuumeneks (valem 3.7.).

Elektritarviti võimsus on kirjeldatud valemiga [13]

$$P = U \cdot I, \quad (3.7.)$$

kus P on elektritarviti võimsus W;

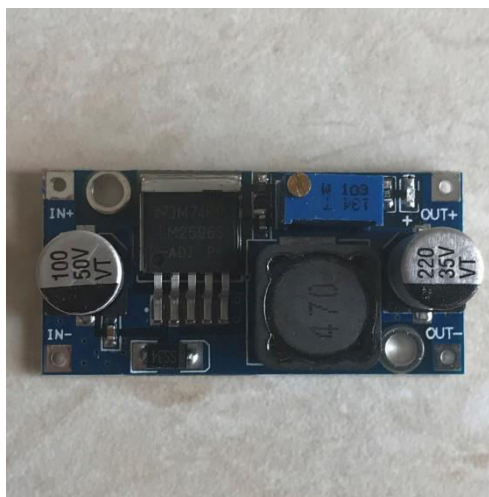
U – elektritarvitile rakendunud pinge V;

I – elektritarvitit läbiv vool A.

Wi-Fi mooduli maksimaalne voolutarve on 0,215 A [25]. Pingeregulaatori reguleerimata sisendpinge on 5 V ning reguleeritud väljundpinge 3,3 V. Seega tekib transistoril pingelang $5-3,3=1,7$ V. Pingeregulaatori sisendvõimsus on $5 \cdot 0,215=1,075$ W. Väljundvõimsus on aga $3,3 \cdot 0,215=0,7095$ W. Pingelangu tulemusena eraldub soojust $1,075-0,7095=0,3655$ W. *SOT-223* pakendiga pingeregulaatori ränikristalli ja õhu vaheline soojustakistus on 58,3 °C/W. Seega on 0,3655 W soojuseralduse juures ränikristalli ja õhu temperatuuride vahe $58,3 \cdot 0,3655=21,309$ °C. Õhutamperatuuril 25 °C on seega ränikristalli temperatuur 46,309 °C. Tema maksimaalne lubatud töötemperatuur on 85 °C [26]. Järelikult ei teki õhutamperatuuril 25 °C *Wi-Fi* mooduli maksimaalsel voolutarbel pingeregulaatori ülekuumenemise ohtu.

3.6.6. Pingemuunduri moodul

Toiteploki väljundiks oleva 24 V toitepinge muundamiseks valiti LM2596S pingeregulaatoriga pingemuunduri moodul, kuna see on valmiskujul moodul ning on lihtsasti paigaldatav, tema lubatud sisendpinge vahemik on 3 V kuni 40 V, väljundpinge vahemik 1,3 V kuni 37 V, maksimaalne väljundvool 3 A ning see on kasutatav temperatuuridel -40 °C kuni 80 °C [28]. Pingemuunduri moodul on toodud joonisel 3.18.



Joonis 3.18. LM2596 pingeregulaatoriga pingemuunduri moodul 5 V toitepinge tagamiseks. *IN+* - mitteinverteeriv sisendviik, *IN-* - inverteeriv sisendviik, *OUT+* - mitteinverteeriv väljundviik, *OUT-* - inverteeriv väljundviik.

5 V toitepingega töötavate elektroonikakomponentide maksimaalsete voolutarvete summeerimisel saadi voolutarbeks $600+330+1,2+215=1146,2$ mA. Siia juurde lisati mõlema mikrokontrolleri kõikide sisend-väljundviikude maksimaalne lubatav summaarne voolutarve $2 \cdot 100=200$ mA ning 5 V toitepingega ja 16 MHz taktsagedusega töötavate mikrokontrollerite endi maksimaalsed voolutarbed $2 \cdot 27=54$ mA [8]. Ohmi seaduse kohaselt on mõlema trükkplaadi toite LED-i maksimaalne vool 5 V toitepingel $1 \text{ k}\Omega$ takistiga piiratud $5 \text{ V}/1 \text{ k}\Omega=5$ mA peale [13]. Seega saadi 5 V toitepingega töötavate elektroonikakomponentide maksimaalseks voolutarbeks $1146,2+200+54+5+5=1410,2$ mA. See ei ületa pingemuunduri mooduli maksimaalset väljundvoolu suurust.

Mooduli tööpõhimõte seisneb vooluringi jadamisi asetatud induktoris, mis ühendatakse pingeregulaatoris oleva transistori lülitamisel kindlate ajaperioodide tagant sisendi pingesallikaga. Igal lüliti seesoleku hetkel salvestub induktori magnetvälja ja väljundkondensaatorisse energiat. Samal hetkel toimub ka väljundseadmete toitmine. Igal lüliti väljasoleku hetkel saavad väljundseadmed oma toite magnetvälja ja kondensaatorisse salvestunud energia arvelt. Muutes transistori sisse- ja väljalülitamise aega, on võimalik muuta induktoris ja kondensaatorisse salvestatava energia hulka ja väljundpinge suurust. Transistori lülitamine toimub tagasisideahela kaudu ning seda on võimalik potentsiomeetriga reguleerida [29]. Pingemuunduri moodul on ühendatud peasisüsteemi trükkplaadiga läbi piikriba ning selle ühendusskeem on toodud LISAS A.

3.6.7. Toiteplokk

Juhtsisüsteemi toiteks valiti S-360-24 reguleeritud väljundiga impulsstoiteplokk, kuna selle väljundpingeks on 24 V, maksimaalseks väljundvooluks 15 A ning see on kasutatav temperatuuridel -10 °C kuni 60 °C. Tal on ülepinge, lühise ja ülekoormuse vastane kaitse [30]. Kuna toiteplokil puudus toitenupp, soetati selleks lüliti Arcoelectric R13-112A. Toiteplokk ja -nupp on toodud joonisel 3.19.

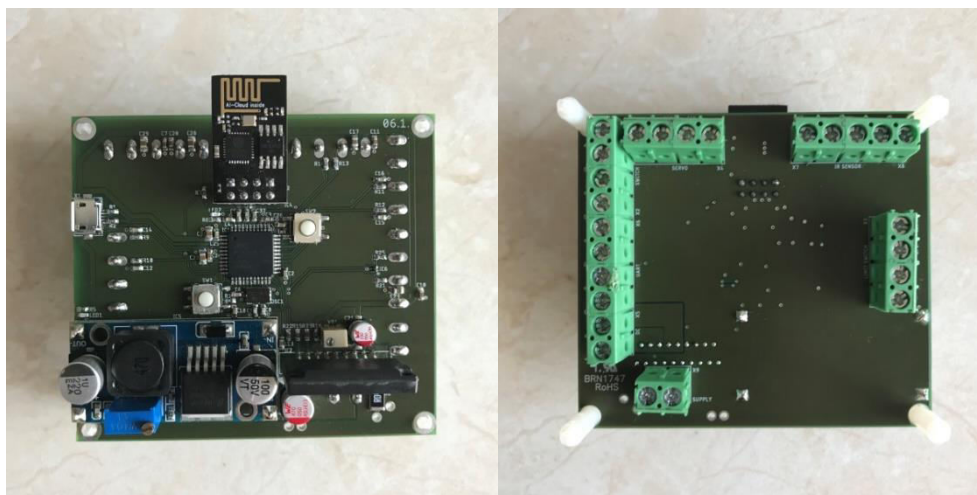


Joonis 3.19. Juhtsüsteemi toiteks kasutatav reguleeritud väljundiga impulsstoiteplok S-360-24 (vasakul) ja toitenupp Arcoelectric R13-112A (paremal).

Toiteplok on alumiiniumist korpuses ning on varustatud ventilaatoriga, mis jahutab sisemuses olevaid elektroonikakomponente. Külje peal asuva lülitiga on võimalik toiteplok panna tööle 110 V või 220 V vahelduvpingega, mis võib varieeruda 15 % ulatuses [30]. Impulsstoiteplokis muundatakse alaldiga 230 V vahelduvpinge alalispingeks. Alaldi väljundiks olev reguleerimata pinge on pulseeriv, mistõttu silutakse seda suure mahtuvusega kondensaatoritega. Seejärel muundatakse inverteris alalispinge väljatransistoride sisse- ja väljalülitamistega kõrgsageduslikuks vahelduvpingeks ning see rakendatakse transformaatori primaarmähisele. Transformaatoris toimub pinge madaldamine. Sekundaarmähise vahelduvpinge läbib teist alaldit, millega saadakse nõutud 24 V alalispinge. Tagasisideahela kaudu tuvastatakse väljundpinge muutused ning reguleeritakse väljatransistoride sisse- ja väljajuhtimiseks kasutatavat *PWM* signaali. Seeläbi tagatakse väljundpinge nõutud väärtus [31]. Toitenupu puhul on tegemist ühepooluselise lihtlülitiga, millel on kaks asendit: sees ja väljas. Selle klemmidele rakenduv lubatud vahelduvpinge on 250 V ning maksimaalne vool 10 A [32]. Toiteplok ja –nupp on ühendatud peasüsteemi trükkplaadiga läbi kruviterminali, mille ühendusskeem on toodud LISAS A.

3.6.8. Peasüsteemi trükkplaat

Peasüsteemi trükkplaat projekteeriti ja disainiti Autodesk Eagle PCB Design & Schematic Software tarkvara versiooniga 8.4.1 [11]. Juhtpaneeli, juhtnuppude, servomootori, infrapuna kaugusanduri, piirlülite ja toiteploki ühendamiseks kasutati kruviterminale. Kõikidele kruviterminalide toiteviikudele lisati pinge stabiliseerimiseks kondensaatorid. Mikrokontrolleri programmeerimiseks lisati *mUSB* pesa Amphenol 10104110-0001LF ning lähtestamise ja buudilaaduri surunupud Panasonic EVQQ2D03W. Surunuppudele, piirlülitele ja juhtnuppudele lisati kondensaatorid nende allavajutamisel tekkiva värelemise vältimiseks. Lisati neli 2,5 mm läbimõõduga ava trükkplaadi kinnitamiseks. Mikrokontrolleri analoog-digitaalmuunduri viigu lähedale lisati kondensaator, et muundamise tulemus oleks täpsem. Sarnaselt juhtpaneeli trükkplaadile lisati ka peasüsteemi trükkplaadi kõikide väliste ühenduste signaaliradadele jadamisi 1 k Ω volupiiramise takistid. *UART* liidese kaitsmiseks toimiti nii, nagu peasüsteemi trükkplaadi puhul. Peasüsteemi trükkplaadi sümbolkujul elektroonikaskeem ja selle põhjal projekteeritud ja disainitud trükkplaadi ülemise ja alumise kihi skeemid on toodud LISAS A. Joonisel 3.20. on toodud peasüsteemi trükkplaadi ülemine ja alumine kiht koos joodetud elektroonikakomponentidega.



Joonis 3.20. Peasüsteemi trükkplaadi ülemine (vasakul) ja alumine (paremal) kiht koos joodetud elektroonikakomponentidega.

Tootmispraaki ei tuvastatud, seega jäädi kvaliteediga väga rahule. Paraku tegi aga autor mõned vead. Tigureduktormootori juhtkivi läbiauguviigud olid liiga väikesed, mistõttu tuli

viike ümaramaks viilida. Sarnaselt juhtpaneeli trükkplaadile olid ka peasüsteemi trükkplaadil surunuppude rajad valesti disainitud. *Wi-Fi* mooduli toiteks oli välja valitud ST Microelectronics LD1117S33TR pingeregulaator. Ekslikult valis autor EAGLE tarkvaraga kaasaskäivate komponentide seast hoopiski Burr-Brown REG1118 pingeregulaatori, mis ei sobinud oma erineva viikude asetuse tõttu kasutamiseks. Kuna muud sobivat pingeregulaatorit ei leitud, telliti Texas Instruments LM2937-3.3 pingeregulaator ning see joodeti tagurpidi trükkplaadile. Trükkplaadi kinnitamiseks toiteploki külge kasutati nelja Fix&Fasten FIX-MADA-14 plastiklõksu.

3.6.9. Peasüsteemi korpus

Autor projekteeris ja koostas peasüsteemile korpuse ning see on koos kettülekande, trükkplaadi, tigureduktormootori, toiteploki ja -nupuga toodud joonisel 3.21.



Joonis 3.21. Peasüsteemile projekteeritud ja koostatud korpus koos kettülekande, trükkplaadi, tigureduktormootori, toiteploki ja -nupuga.

Korpuse alusplaat on valmistatud 4mm paksusest lehtmestallist, mille külge kõik komponendid kinnitati ning millega peasüsteem omakorda garaaži seina külge kinnitati. Tigureduktormootor kinnitub eraldi 4mm paksusest lehtmestallist plaadi ja kahe 30x30x4 mm nurkrauast detailiga alusplaadi külge. Korpus valmistati 5 mm paksusest pleksiklaasist, mis on omavahel liimitud ning mis kinnitub alusplaadi külge nelja 25x25x4 mm nurkrauast detailiga. Eesmine külg on ligipääsetavuse tagamiseks kinnitatud

uksehingega. Sellele lisati õhutusava, mille ette paigaldati Alumino AZUST-010 tolmufilter. Alumisele küljele liasti toitenupp ning juhtmete ühendamise võimaluse tagamiseks HT Hi Tech Polymers HTL-28-6-TPE juhtme läbiviik. Kõik metallist detailid krunditi ja värviti. Elektriühendus toiteploki ja võrgutoite vahel teostati 3-soonelise vaskkaabliga, mille ühe soone ristlõikepindala on 1,5 mm². Peasüsteemi tehnilised joonised koostati Solidworks 2017 modelleerimistarkvaraga ning need on toodud LISAS G.

3.7. Jadaliides

Mikrokontrollerite omavaheliseks suhtluseks kasutatava jadaliidese puhul tuli mõlemad seada tööle samal andmeedastuskiirusel ning määrata, millist andmeformaati nad kasutavad. Andmeedastuskiiruseks valiti 9600 bit/s ning andmeformaadiks: 1) 8 bitti andmeid, 2) paarsusbitti ei kasutata ning 3) kaks stopp bitti. Mikrokontrolleri andmelehes ei ole näidatud, milline võiks olla andmeedastuskiirusel 9600 bit/s ning 16 MHz taktsagedust kasutava jadaliidese andmeedastusel tekkiv veaprotsent. Samas ei ole ka mainitud, et sellist taktsagedust tuleks vältida. Katsetuse tulemusena probleeme ei tekkinud, mistõttu otsustati jääda eelmainitud taktsageduse ja andmeedastuskiiruse juurde.

4. JUHTSÜSTEEMI PROGRAMMEERIMINE JA HINNAKALKULATSIOON

4.1. Programmeerimisvahendid ja -keskkonnad

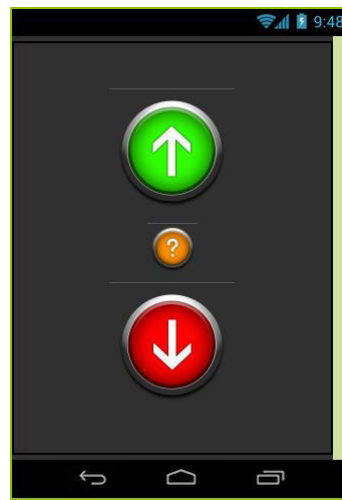
Mikrokontrollerite programmeerimiseks kasutati Atmel Studio 7.0 programmeerimiskeskonda [33]. Peasüsteemi programmikood (LISA H) ja juhtpaneeli programmikood (LISA I) kirjutati C programmeerimiskeeles, kasutades sellele omaseid funktsioone, muutujaid, struktuure ja teeke. Programmikoodide pealelaadimiseks kasutati Atmel FLIP 3.4.7 tarkvaralist programmaatorit [34]. ESP-01 *Wi-Fi* mooduli programmeerimiseks soetati *USB-UART* programmaator, mis on toodud joonisel 4.1.



Joonis 4.1. ESP-01 *Wi-Fi* mooduli *USB-UART* programmaator.

Wi-Fi mooduli programmeerimiseks kasutati Arduino IDE 1.8.5 programmeerimiskeskonda [35]. Sellele lisati laiendus, mis võimaldas *Wi-Fi* moodulit selles keskkonnas programmeerida, kasutades Arduino IDE programmeerimiskekkonna programmeerimiskeelele omaseid funktsioone, muutujaid, struktuure ja teeke [36, 37]. *Wi-Fi* mooduli programmikood on toodud LISAS J ning selle kirjutamisel juhinduti Arduino IDE programmeerimiskeskonnaga ja laiendusega kaasaskäivatest näidiskoodidest.

Android operatsioonisüsteemiga nutitelefonile mobiilirakenduse loomiseks kasutati MIT App Inventor veebipõhist programmeerimiskeskonda, kuna on lihtsasti mõistetav ja kasutatav. See võimaldas ka disainida graafilist kasutajaliidest. Mobiilirakendus loodi visuaalprogrammeerimise teel, kasutades selleks valmiskujul plokke, mis omavahel põimiti [38]. Adobe Photoshop CC 2015 keskkonnas koostati graafilise kasutajaliidese komponendid, mis lisati MIT App Inventor programmeerimiskeskonda [39]. *GarageWiFi* mobiilirakenduse kasutajaliides on toodud joonisel 4.2.

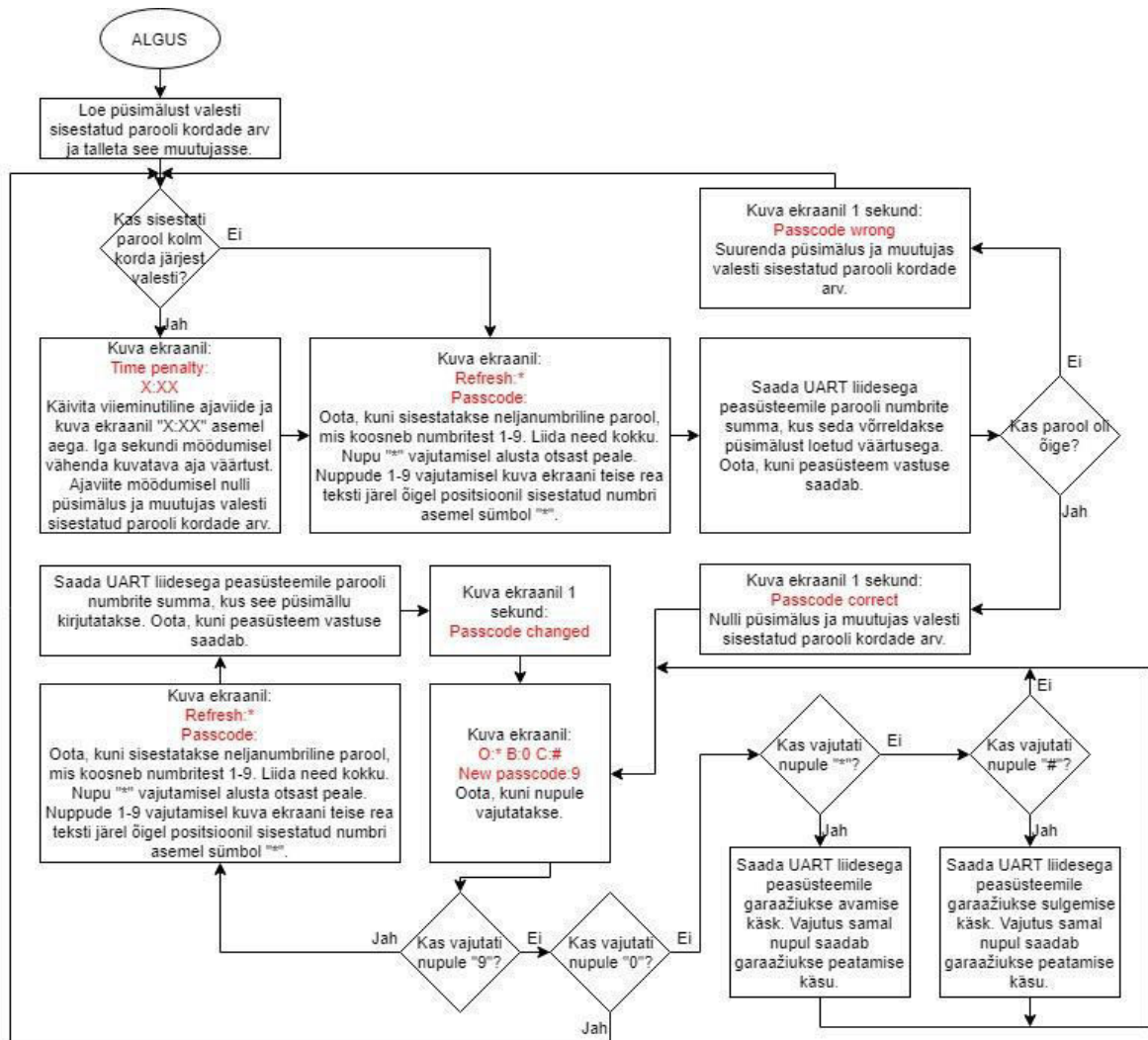


Joonis 4.2. MIT App Inventor veebipõhises programmeerimiskeskonnas Android operatsioonisüsteemiga nutitefonis kasutamiseks loodud *GarageWiFi* mobiilirakenduse kasutajaliides.

Rohelise nupuga saab garaažiust avada ja punasega sulgeda. Eelnevalt vajutatud nupul uuestivajutamine peatab garaažiukse. Kui kasutaja ei oska mobiilirakendust kasutada, kuvatakse oranži nupu allavajutamisel teavitusaken kasutusjuhendiga.

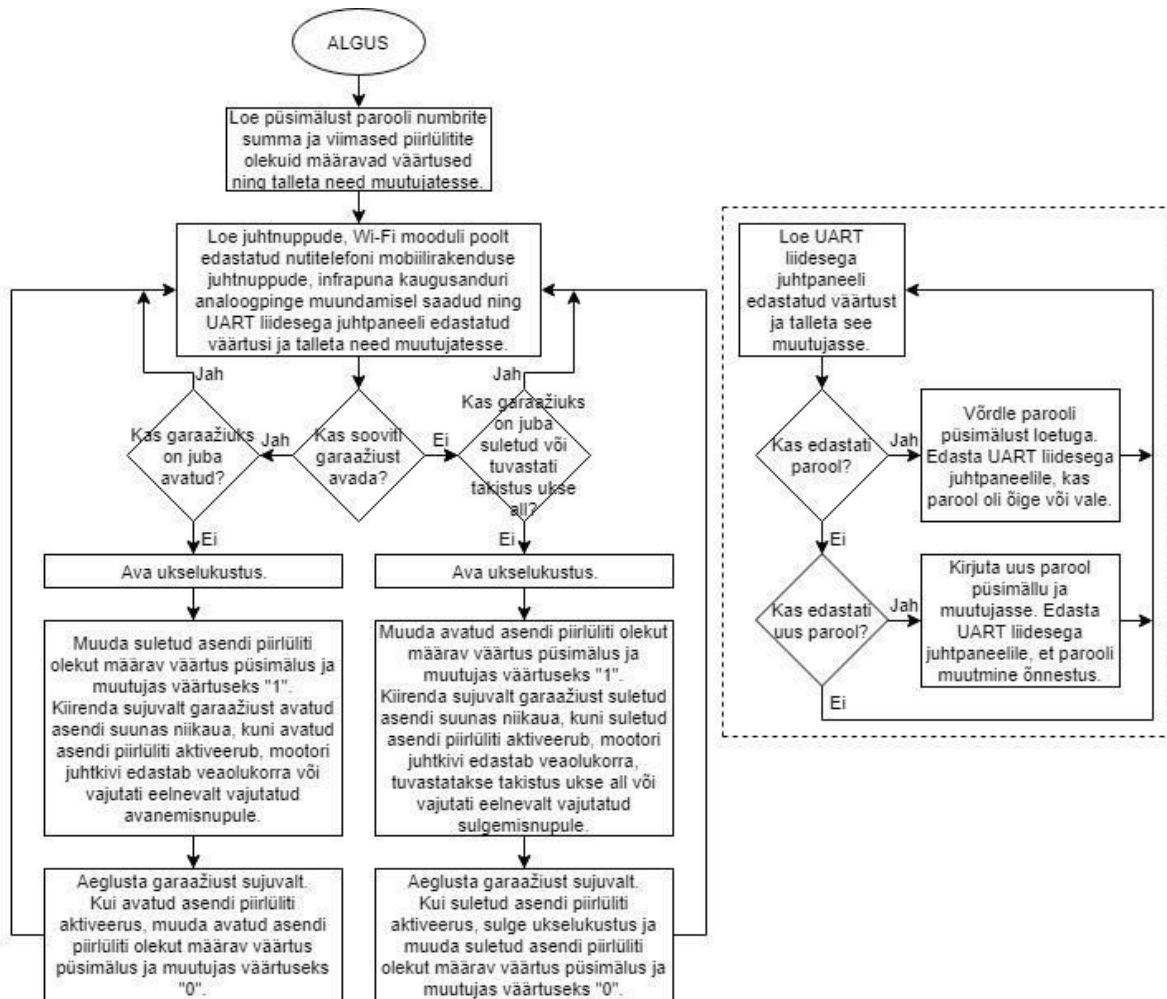
4.2. Programmikoodid

Juhtpaneeli, peasüsteemi ja *Wi-Fi* mooduli programmikoodide töö selgitamiseks koostati andmevooskeemid ning selleks kasutati Draw.io veebipõhist keskkonda [40]. Joonisel 4.3. on toodud juhtpaneeli programmikoodi tööpõhimõtet lihtsustatud kujul selgitav andmevooskeem.



Joonis 4.3. Draw.io veebipõhises keskkonnas koostatud juhtpaneeli programmikoodi tööpõhimõtet lihtsustatud kujul selgitav andmevooskeem.

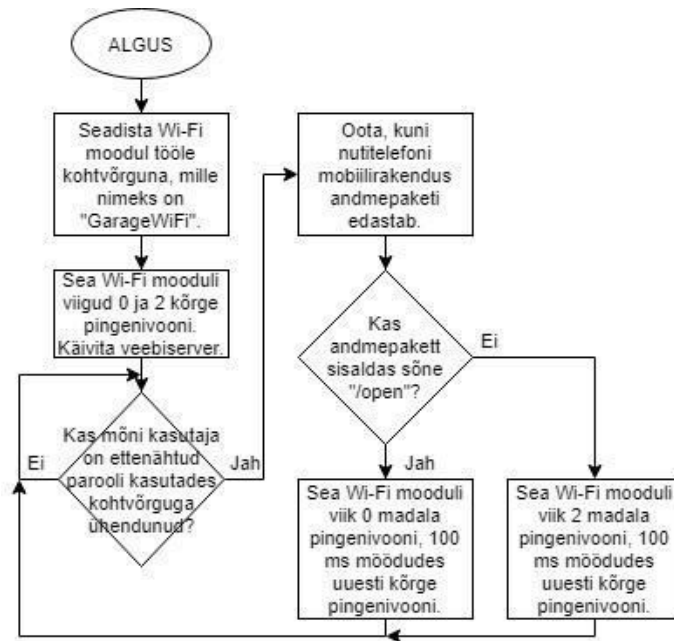
Joonisel 4.4. on toodud peasüsteemi programmikoodi tööpõhimõtet lihtsustatud kujul selgitav andmevooskeem.



Joonis 4.4. Draw.io veebipõhises keskkonnas koostatud peasüsteemi programmikoodi tööpõhimõtet lihtsustatud kujul selgitav andmevooskeem.

Peasüsteemi mikrokontrolleri *UART* liides töötab katkestuse põhimõttel, mis tähendab seda, et programmikoodi töös võib tekkida suvalisel ajahetkel katkestus. Selle järel täidetakse katkestuserutiin ning selle lõppedes jätkub programm selle koha pealt, kus ta enne pooleli jäi. Peasüsteemi andmevooskeemil on katkestuserutiin eraldatud katkendjoontega.

Joonisel 4.5. on toodud ESP-01 *Wi-Fi* mooduli programmikoodi tööpõhimõtet lihtsustatud kujul selgitav andmevooskeem.



Joonis 4.5. Draw.io veebipõhises keskkonnas koostatud ESP-01 *Wi-Fi* mooduli programmikoodi tööpõhimõtet lihtsustatud kujul selgitav andmevooskeem.

Nutitefon, milles *GarageWiFi* mobiilirakendust kasutatakse, peab olema samanimelise kohtvõrguga ühendatud. Alles seejärel on mobiilirakendus võimeline saatma andmepakette *Wi-Fi* mooduli vaikimisi IP aadressile „192.168.4.1“. Sõltuvalt allavajutatud juhtnupust lisatakse selle aadressi lõppu sõne „/open“ või „/close“. *Wi-Fi* mooduli programmikood otsib vastavaid sõnesid andmepaketist ning sõltuvalt sellest seab õige väljundviigu madala pingeniivooni. 100 ms möödudes seatakse aga uuesti kõrge pingeniivooni. Seeläbi on võimalik eelnevalt vajutatud nupule uuestivajutamisel garaažiust peatada.

4.3. Hinnakalkulatsioon

Tabelis 4.1. on toodud garaažiukse juhtsüsteemi koostamiseks vajaminevad komponendid, materjalid ja teenused ning nende kogused ja maksumused.

Tabel 4.1. Garaažiukse juhtsüsteemi koostamiseks vajaminevad komponendid, materjalid ja teenused ning nende kogused ja maksumused

Detaili nr.	Komponent/materjal/teenus	Kogus	Ühik	Tüki hind	Kokku
1	2	3	4	5	6
1.	Pingemuunduri moodul LM2596S	1	tk.	4,49	4,49
2.	ESP-01 <i>Wi-Fi</i> mooduli <i>USB-UART</i> programmaator	1	tk.	9,06	9,06
3.	Servomootor TowerPro SG90 koos plastikõla ja kruvidega	1	tk.	4,24	4,24
4.	Pingeregulaator Texas Instruments LM2937IMP-3.3	1	tk.	1,74	1,74
5.	Infrapuna kaugusandur Sharp GP2Y0A710K0F	1	tk.	18,70	18,70
6.	Tigureduktormootori juhtkivi ON Semiconductor STK681-352-E	1	tk.	4,48	4,48
7.	Piirlüliti Omron D2SW-01L2-3M	2	tk.	4,00	8,00
8.	Toitelüliti Arcoelectric R13-112A	1	tk.	1,05	1,05
9.	Juhtnupp MultiComp R13-548CL-05-BG	1	tk.	2,64	2,64
10.	Juhtnupp MultiComp R13-548CL-05-BR	1	tk.	2,44	2,44
11.	Staatilise elektri kaitsekivi Texas Instruments TPD2E009DRTR	2	tk.	0,60	1,20
12.	Maatriksklaviatuur MultiComp MCAK207NBBWWP	1	tk.	19,24	19,24
13.	Mikrokontroller Atmel ATmega32U4	2	tk.	3,50	7,00
14.	LCD ekraani moodul Raystar Optronics RC1602B-GHY-CSXD	1	tk.	4,68	4,68
15.	Surunupp Panasonic EVQQ2D03W	4	tk.	0,20	0,80
16.	Kristall TXC 7A-16.000MAAJ-T	2	tk.	0,91	1,82
17.	<i>mUSB</i> pesa Amphenol 10104110-0001LF	2	tk.	0,44	0,88
18.	Potentsiomeeter Bourns 3314J-1-103E	1	tk.	1,58	1,58
19.	Potentsiomeeter Bourns 3214W-1-202E	1	tk.	3,05	3,05
20.	Muud elektroonikakomponendid (takistid, kondensaatorid, <i>LED</i> -id)	1	-	11,56	11,56
21.	Ühendused ja elektritarvikud (kruviterminalid, piikribad, konnektorid ja kaabliotsikud ning nende ümbrised, kaablisidemed ja nende tüüblid, naelklambrid)	1	-	9,44	9,44
22.	Juhtme läbiviik HT Hi Tech Polymers HTL-28-6-TPE	1	tk.	1,95	1,95
23.	Juhtme läbiviik HT Hi Tech Polymers HSS-M9-TPE	2	tk.	0,18	0,36
24.	Plastiklõks Fix&Fasten FIX-MADA-14	4	tk.	0,08	0,32
25.	Plastiklõks Fix&Fasten FIX-MADA-3,5	8	tk.	0,08	0,64
26.	ESP-01 <i>Wi-Fi</i> moodul	1	tk.	6,56	6,56
27.	Signalisatsioonikaabel 4 soont valge tinatatud S4X022W	8	m.	0,29	2,61
28.	Signalisatsioonikaabel 6 soont valge tinatatud S6X022W	3	m.	0,38	1,14
29.	Signalisatsioonikaabel 8 soont valge tinatatud S8X022W	2	m.	0,48	0,96
30.	Vaskaabel 3 soont 1,5mm ²	3	m.	0,60	1,80
31.	Toiteplokk S-360-24	1	tk.	10,00	10,00
32.	Tigureduktormootor SWF Valeo Nidec ITT 404.854 koos toitejuhtme ning konnektoriga	1	tk.	64,71	64,71
33.	Tolmufilter Alumino AZUST-010	1	tk.	3,50	3,50

Tabeli 4.1. järg.

34.	ISO 06B-1 kettülekanne (ketirattad, rullpukskett, ketilukk)	1	-	14,20	14,20
35.	Radiaalkuullaager Timken 6005 2RS	1	tk.	1,30	1,30
36.	Kinnitusvahendid (kruvid, mutrid, tüüblid, keermestatud sisestused ja splindid)	1	-	8,93	8,93
37.	Ümarraud d=16 mm	0,123	m	8,21	1,01
38.	Trükkplaatide valmistamine	1	-	30,65	30,65
39.	Detailide 3D-printimine	1	-	126,00	126,00
40.	Pleksiklaas 5 mm	0,19	m ²	36,00	6,84
41.	Kirgas klaas 2 mm	0,0018	m ²	13,61	0,03
42.	Lehtmetall 4 mm	2,21	kg.	4,97	10,98
43.	Tsinkplekk 0,5 mm	0,04	kg.	2,16	0,09
44.	Nurkraud 25x25x4 mm	0,08	m.	34,63	2,77
45.	Nurkraud 30x30x4 mm	0,04	m.	44,50	1,78
46.	Ukseriiv	1	tk.	3,00	3,00
47.	Uksehing	1	tk.	2,20	2,20
48.	Krunt ja värv	1	tk.	8,68	8,68
Lõppsumma, €					431,10

Elektroonika- ja mehaanikakomponendid, ühendused ja elektritarvikud, kaablid, juhtme läbiviigud, plastiklõksud, kinnitusvahendid ja tolmufilter osteti vaheldumisi ettevõtetest OÜ Dormikor, Farnell element 14, Würth AS ja Arvutitark OÜ [41–44]. Toiteplokk osteti eraisikult ning tigureduktormootor, tsinkplekk, nurkraud, ümarraud, kirgas klaas, pleksiklaas, ukseriiv, uksehing, krunt ja värv olid autoril varasemast ajast olemas. ISO 06B-1 kettülekanne koos radiaalkuullaagriga osteti ettevõttest Varson OÜ [45]. Lehtmetall osteti ettevõttest Kane Metall AS [46]. Trükkplaadid valmistati ettevõttes Brandner PCB OÜ [47]. 3D-prinditud detailid valmistati Eesti Maaülikooli Tehnikamajas olevate 3D-printeritega. Juhtsüsteemi valmistamise hinnaks kujunes 431,10 eurot.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö raames projekteeriti ja koostati kodukasutamiseks üles lae alla avatavale sektsioonilisele garaažiuksele juhtsüsteem, mis on juhitud garaažist väljaspool asuva juhtpaneeli, *Wi-Fi* kohtvõrgu ning garaažis sees asuvate juhtnuppude vahendusel. *Wi-Fi* kohtvõrk võimaldab nutitelefonis oleva mobiilirakendusega seadet distantsilt juhtida. Kolmandate isikute ligipääs on tõkestatud, kuna ligipääs juhtpaneeli ja *Wi-Fi* kohtvõrgu kaudu on tehtud paroolipõhiseks. Lisaks kasutatakse ka ukسلukustust. Seadme kasutamine on väheohtlik. Voolukatkestuse ajal on võimalik garaažiust ka käsitsi avada ja sulgeda.

Püstitati tööülesanded, määratleti nõuded ning teostati taustauuring. Elektroonikaskeem ja mehaanilised detailid projekteeriti ning trükkplaadid disainiti ja telliti koos elektroonikakomponentidega. Tegeleti ka jootmise ja programmeerimisega. Mehaanilised detailid koostati eelnevalt tellitud materjalidest. Seade komplekteeriti ning seda katsetati. Nii elektroonikast kui ka mehaanilistest detailidest koostati tehnilised joonised. Seadme valmistamise hinnaks kujunes 431,10 eurot. Ta täidab oma otstarvet, kuna ta toimib vastavalt määratletud nõuetele, selle ehitus arvestab garaaži eripäradega ning ta lihtsustab seljavaevustega pereliikmetele garaažiukse avamist ja sulgemist.

Seadme edasiarendamise võimalusteks oleks asendada signalisatsioonikaabliga tehtud ühendused traadita ühenduse vastu, lisada juurde funktsioone, mille vahel kasutaja valida saab (garaažiukse avamise ja sulgemise kiiruse muutmine; garaažiukse juhtimine ja jälgimine internetist; garaažiukse automaatne sulgemine teatud aja möödudes või liikumine avatud asendisse takistuse tuvastamisel) ning võimalus ühildada see koduvalvega. Vältimaks olukorda, kus avatud läbikäiguukse korral garaažiuks avatakse, oleks mõistlik kasutada ka lisaandurit. Rullpuksketi pingutamiseks oleks otstarbekas lisada ka pingutusrullik.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Blog Master. (2017). Residential Automatic Garage Door Openers – a Brief History. <http://www.overheaddoorco.com/blog/residential-automatic-garage-door-openers-a-brief-history> (06.04.2018).
2. LiftMaster. (2018). Product Catalogue. <https://liftmaster.eu/getmedia/4ebac2b9-b70d-49d7-b3fa-c56b0eb80cde/liftmaster-9c15gdo02-catalog.pdf.aspx?ext=.pdf> (14.04.2018).
3. MultiComp. (2012). Pushbutton Switches. http://www.farnell.com/datasheets/1662469.pdf?_ga=2.45060321.459275896.1518696209-609903074.1504687596&_gac=1.83609956.1516449634.CjwKCAiA7ovTBRAQEiwAo8dPcb6ZN4STezJ8hVdC1dPIrX1B0ESuK4GOjL_Q63cRgr5_fFezxxaD8hoCTJEQAvD_BwE (15.02.2018).
4. Luxorparts. (2017). SG90 Micro Servo. <https://www.kjell.com/se/.mvc/Document/File?id=d8b4db9a-5d74-40ba-a97f-a83c008de689> (10.02.2018).
5. Omron. (2018). D2SW Sealed Subminiature Basic Switch. http://www.farnell.com/datasheets/2340678.pdf?_ga=2.229987612.1694689568.1518430428-609903074.1504687596&_gac=1.254462842.1516449634.CjwKCAiA7ovTBRAQEiwAo8dPcb6ZN4STezJ8hVdC1dPIrX1B0ESuK4GOjL_Q63cRgr5_fFezxxaD8hoCTJEQAvD_BwE (12.02.2018).
6. Sharp. (2006). GP2Y0A710K0F. http://www.farnell.com/datasheets/53134.pdf?_ga=2.237965696.1694689568.1518430428-609903074.1504687596&_gac=1.61399774.1516449634.CjwKCAiA7ovTBRAQEiwAo8dPcb6ZN4STezJ8hVdC1dPIrX1B0ESuK4GOjL_Q63cRgr5_fFezxxaD8hoCTJEQAvD_BwE (12.02.2018).
7. Acroname. (2016). Sharp Infrared Ranger Comparison. <https://acroname.com/articles/sharp-infrared-ranger-comparison> (12.02.2018).
8. Atmel. (2016). 8-bit Microcontroller with 16/32K bytes of ISP Flash and USB Controller. http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7766-8-bit-AVR-ATmega16U4-32U4_Datasheet.pdf (13.02.2018).
9. Raystar Optonics. (2014). RC1602B-GHY-CSXD. <https://www.tme.eu/ee/Document/90d2123addc729695800bdfa3b3d0cfd/RC1602B-GHY->

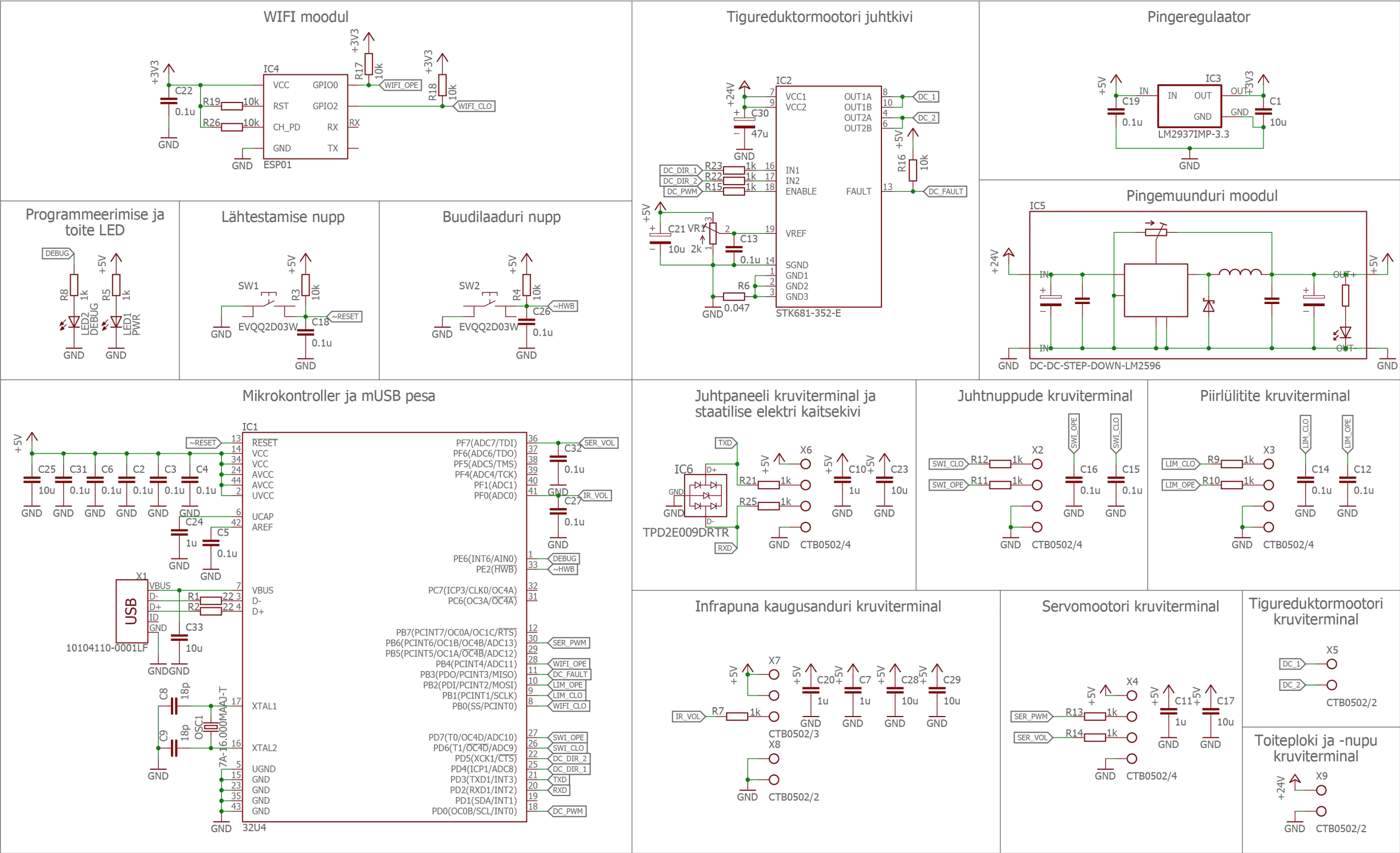
- CSXD.pdf (20.02.2018).
10. MultiComp. (2013). Keypad Plastic, IP67.
http://www.farnell.com/datasheets/1684984.pdf?_ga=2.249543879.1373966913.1520248207-609903074.1504687596&_gac=1.254062074.1516449634.CjwKCAiA7ovTBRAQEiwAo8dPcb6ZN4STezJ8hVdC1dPIrX1B0ESuK4GOjL_Q63cRgr5_fFezxxaD8hoCTJEQAvD_BwE (21.02.2018).
 11. Autodesk. EAGLE.
<https://www.autodesk.com/products/eagle/features> (15.02.2018).
 12. Solutions Cubed. (2012). Protecting Inputs in Digital Electronics.
<https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2012/apr/protecting-inputs-in-digital-electronics> (19.02.2018).
 13. The Physics Classroom. (2018). Power Revisited.
<http://www.physicsclassroom.com/class/circuits/Lesson-3/Power-Revisited> (18.02.2018).
 14. Slvs953b. (2015). TPD2E009 2-Channel ESD Solution for High-Speed (6-Gbps) Differential Interface.
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tpd2e009.pdf> (19.02.2018).
 15. David Scott. (2017). How Does a Torsion Spring Work?.
<https://sciencing.com/torsion-spring-work-4966379.html> (10.02.2018).
 16. The Physics Classroom. (2018). Finding Individual Forces.
<http://www.physicsclassroom.com/class/newtlaws/Lesson-3/Finding-Individual-Forces> (08.02.2018).
 17. The Physics Classroom. (2018). Work, Energy and Power.
<http://www.physicsclassroom.com/calcpad/energy> (08.02.2018).
 18. University of Guelph. (2018). What Is Torque?.
<https://www.physics.uoguelph.ca/tutorials/torque/Q.torque.intro.html> (08.02.2018).
 19. Smolka-Berlin. (2018). Baureihe 0266 (DCK31).
http://www.smolka-berlin.de/includes/download_pdf.php?ID=293 (08.02.2018).
 20. Eesti Füüsika Selts. Ringi ümbermõõd ja pindala
<http://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/1985> (22.05.2018).
 21. Chris Woodford. (2017). Gears - How do they work? - Different types explained and compared.
<http://www.explainthatstuff.com/gears.html> (08.02.2018).
 22. Simple Electric Motors. (2018). Calculations.
<http://simplemotor.com/calculations/> (08.02.2018).
 23. Cross & Morse. (2018). Transmissions Catalogue.
[http://www.opis.cz/cross-morse/pdf/CrossMorse Transmission Catalogue CT09.pdf](http://www.opis.cz/cross-morse/pdf/CrossMorse%20Transmission%20Catalogue%20CT09.pdf)

- (10.02.2018).
24. ON Semiconductor. (2013). STK681-352-E.
<http://www.onsemi.com/pub/Collateral/ENA1929-D.PDF> (16.02.2018).
 25. Sparkfun. (2018). ESP8266 Module.
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Wireless/WiFi/ESP8266ModuleV1.pdf> (13.02.2018).
 26. TI. (2014). LM2937 2.5-V and 3.3-V 400-mA and 500-mA Voltage Regulators.
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2937-3.3.pdf> (17.02.2018).
 27. Michael Day. (2006). Understanding Low Drop Out (LDO) Regulators.
<http://www.ti.com/lit/ml/slup239/slup239.pdf> (17.02.2018).
 28. Ebay. LM2596 DC-DC Switching Adjustable Step Down Voltage Regulator Converter 3V-40V.
<https://www.ebay.co.uk/itm/LM2596-LM2596S-JM76RP-DC-DC-Buck-Step-Down-Converter-Power-Module-Adjustable/162399491496?epid=583031835&hash=item25cfc395a8%3A%3Ad50AAOSwTzlZijCJ> (17.02.2018).
 29. TI. (2016). Switching Regulator Fundamentals.
<http://www.ti.com/lit/an/snva559a/snva559a.pdf> (17.02.2018).
 30. Gearbest. S-360-24 360W 24V / 15A Switch Power Supply Driver for LED Light and Surveillance Security Camera (110/220V).
https://www.gearbest.com/power/pp_198612.html (11.02.2018).
 31. Tutorialspoint. (2018). Electronic Circuits SMPS.
https://www.tutorialspoint.com/electronic_circuits/electronic_circuits_smeps.htm (23.02.2018).
 32. Arcoelectric. (2018). R13 Round Rocker Switches 10A 250Vac.
http://www.farnell.com/datasheets/1683346.pdf?_ga=2.210081616.459275896.1518696209-609903074.1504687596&_gac=1.184674011.1516449634.CjwKCAiA7ovTBRAQEiwAo8dPcb6ZN4STezJ8hVdC1dPIrX1B0ESuK4GOjL_Q63cRgr5_fFezxxaD8hoCTJEQAvD_BwE (15.02.2018).
 33. Microchip Technology Inc. Atmel Studio 7.
<https://www.microchip.com/avr-support/atmel-studio-7> (25.02.2018).
 34. Microchip Technology Inc. FLIP.
<http://www.microchip.com/developmenttools/productdetails.aspx?partno=flip> (25.02.2018).
 35. Arduino. Arduino IDE.
<https://www.arduino.cc/en/Main/Software> (26.02.2018).
 36. GitHub. ESP8266 core for Arduino.
<https://github.com/esp8266/Arduino> (26.02.2018).

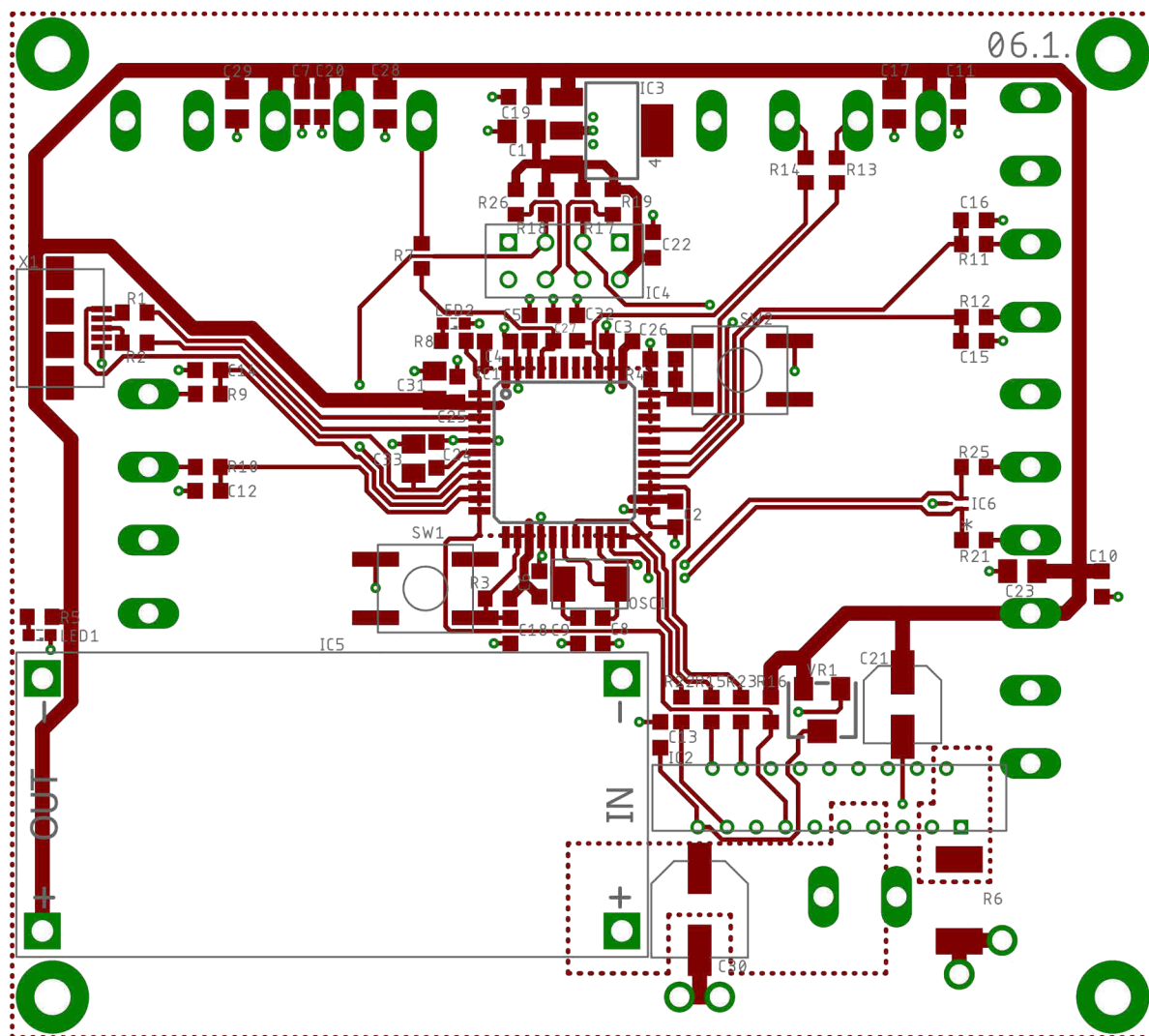
37. Arduino. Arduino Reference.
<https://www.arduino.cc/reference/en/> (26.02.2018).
38. Massachusetts Institute of Technology. MIT App Inventor.
<http://appinventor.mit.edu/explore/> (26.02.2018).
39. Adobe. Adobe Photoshop CC.
<https://www.adobe.com/ee/products/photoshop.html> (06.05.2018).
40. Atlassian Corporation Pty Ltd. Draw.io.
<https://www.draw.io/> (15.04.2018).
41. OÜ Dormikor. Elektroonikakomponentide, -seadmete, -tarvikute ja tööriistade jaemüük.
<https://www.oomipood.ee/> (15.04.2018).
42. Farnell element 14. Elektroonikakomponentide edasimüüja.
<http://ee.farnell.com/> (15.04.2018).
43. Würth AS. Kinnitusvahendid, tööriistad, kemikaalid.
<http://www.wuerth.ee/> (15.04.2018).
44. Arvutitark OÜ. Arvutite, komponentide, arvutitarvikute ja lisaseadmete müük.
<https://www.arvutitark.ee/> (15.04.2018).
45. Varson OÜ. Tööstustarvikud.
<http://www.varson.ee/> (15.04.2018).
46. Kane Metall AS. Terasprofiilid ja metallkonstruktsioonid.
<https://www.kanemetall.ee/> (15.04.2018).
47. Brandner PCB OÜ. Ülikiire trükkplaatide tootmine ning kohaleaatmine proto-ja väikeseeriatena.
<https://www.brandner.ee/et/> (15.04.2018).

LISAD

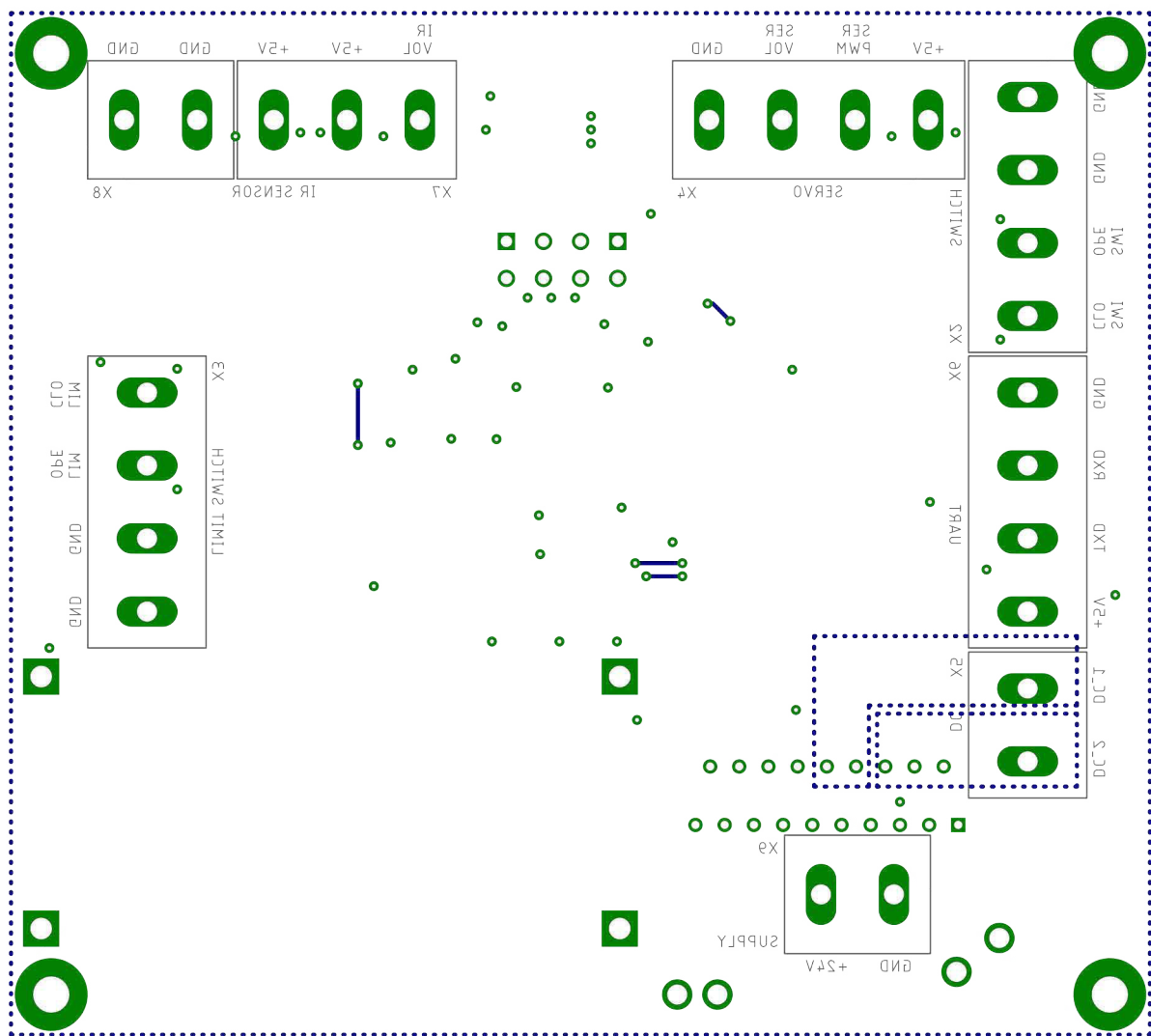
Lisa A. Peasüsteemi elektroonika ja trükkplaadi skeemid



Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi trükkplaat Elektroonika sümbolkujul skeem	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 1/4	Tähis: TN 18/140443 A 01 00 S



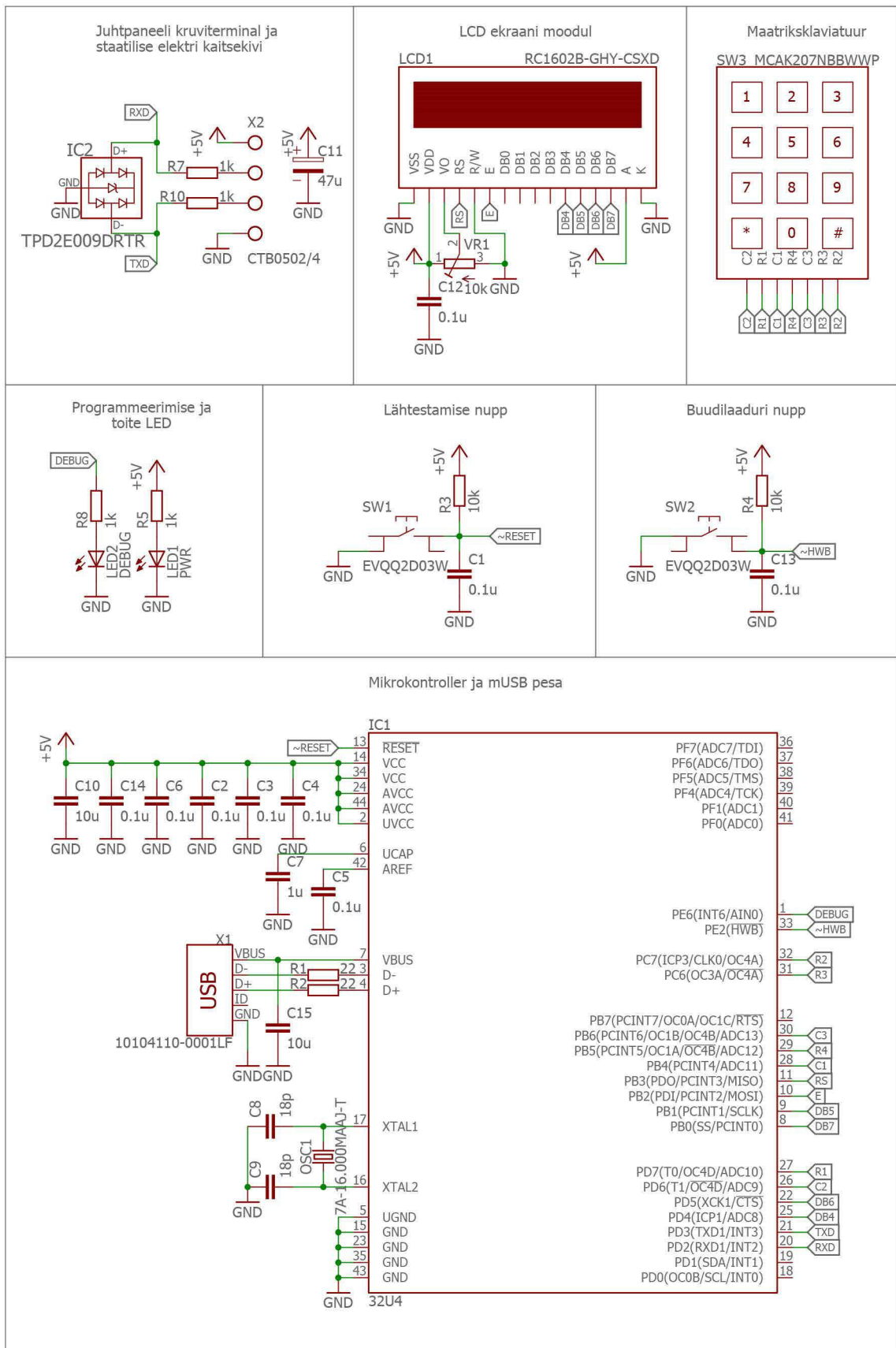
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi trükkplaat Ülemise kihi skeem	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 2/4	Tähis: TN 18/140443 A 01 01 S



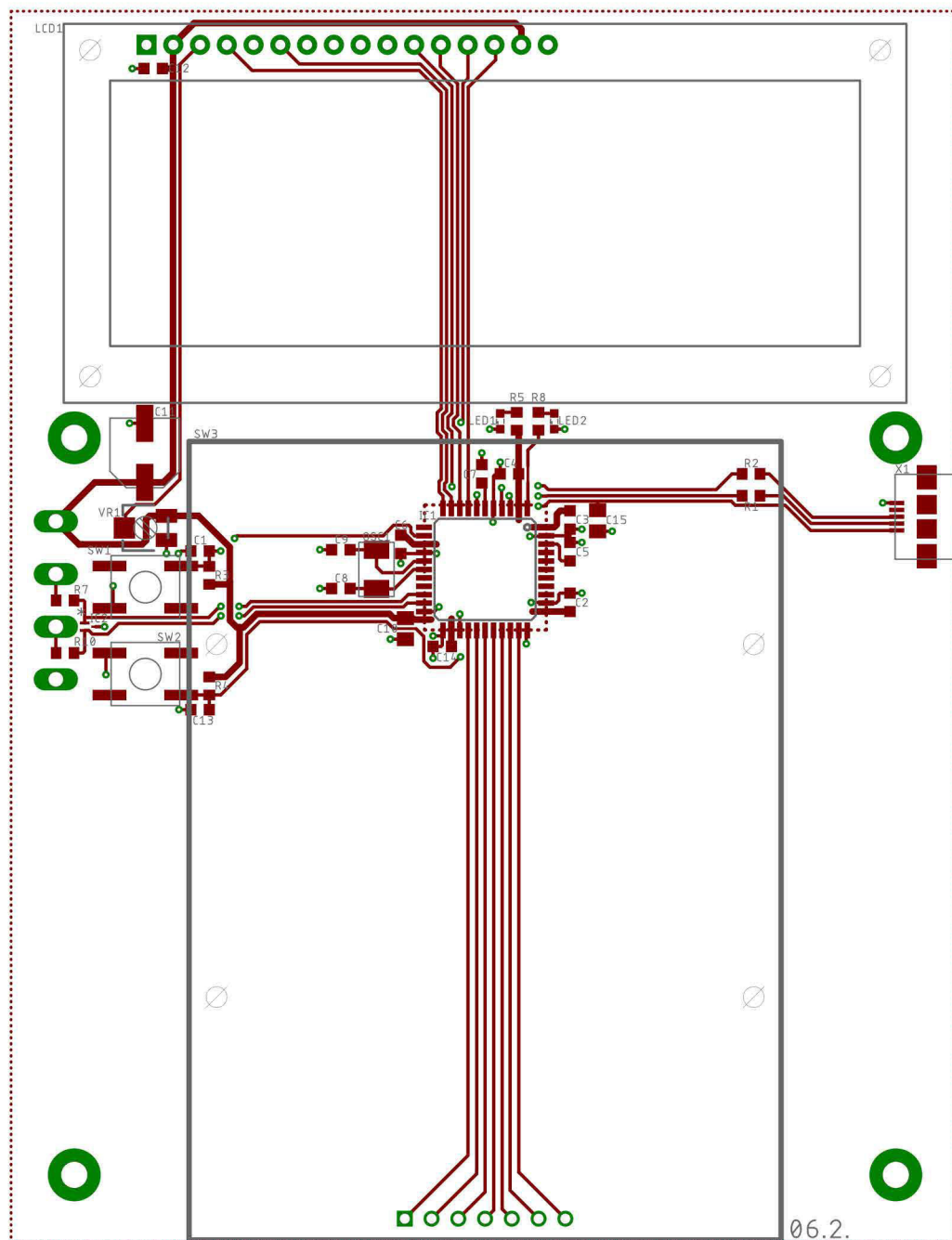
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi trükkplaat Alumise kihi skeem	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 3/4	Tähis: TN 18/140443 A 01 02 S

	Pingemuunduri mooduli 1x4 isane piikriba	1	
	Wi-Fi mooduli 2x4 emane piikriba	1	
IC6	TEXAS INSTRUMENTS TPD2E009DRTR staatilise elektri kaitsekivi	1	
IC5	LM2596S pingemuunduri moodul	1	
IC4	ESP-01 Wi-Fi moodul	1	
IC3	TEXAS INSTRUMENTS LM2937-3,3 pingeregulaator	1	
IC2	ON SEMICONDUCTOR STK681-352-E mootori juhtkivi	1	
IC1	ATMEL ATMEGA32U4 mikrokontroller	1	
OSC1	TXC 7A-16,000MAAJ-T 16 MHz kristall	1	
X7	CAMDENBOSS CTB0502/3 kruviterminal	1	
X5,8,9	CAMDENBOSS CTB0502/2 kruviterminal	3	
X2-4,6	CAMDENBOSS CTB0502/4 kruviterminal	4	
X1	AMPHENOL 10104110-0001LF mUSB pesa	1	
SW1,2	PANASONIC EVQQ2D03W surunupp	2	
LED1,2	Valgusdiod	2	
VR1	BOURNS 3214W-1-202E 2 k Ω potentsiomeeter	1	
R6	TE CONNECTIVITY RLP73M3AR047JTE 0,047 Ω takisti	1	
R5,7-15, 21-23,25	1 k Ω takisti	14	
R3,4,16-19, 26	10 k Ω takisti	7	
R1,2	22 Ω takisti	2	
C30	47 μ F elektrolüütkondensaator	1	
C21	10 μ F elektrolüütkondensaator	1	
C8,9	18 pF keraamiline kondensaator	2	
C7,10, 11,20,24	1 μ F keraamiline kondensaator	5	
C22,26,27, 31,32	0,1 μ F keraamiline kondensaator	5	
C2-6,12-16 18,19	0,1 μ F keraamiline kondensaator	12	
C1,17,23,25 28,29,33	10 μ F keraamiline kondensaator	7	
Tähis:	Nimetus:	Hulk:	Märkus:
Tellija:		Objekt, seade:	
		Peasüsteemi trükkplaat	
Teostas	Aivo Guske	Nimetus:	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 4/4	Tähis: TN 18/140443 A 01 03 S

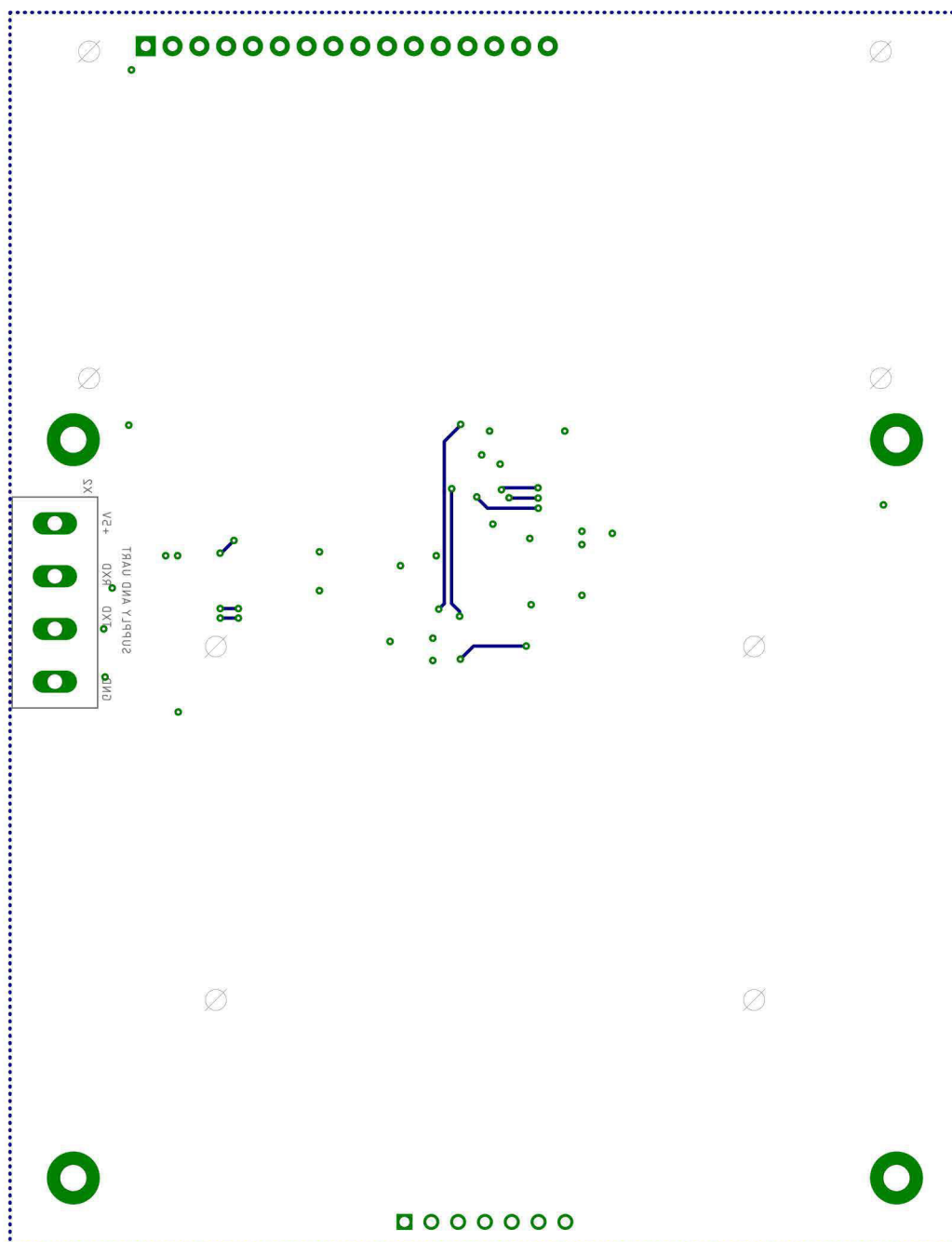
Lisa B. Juhtpaneeli elektroonika ja trükkplaadi skeemid



Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Juhtpaneeli trükkplaat Elektroonika sümbolkujul skeem	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 1/4	Tähis: TN 18/140443 B 01 00 S



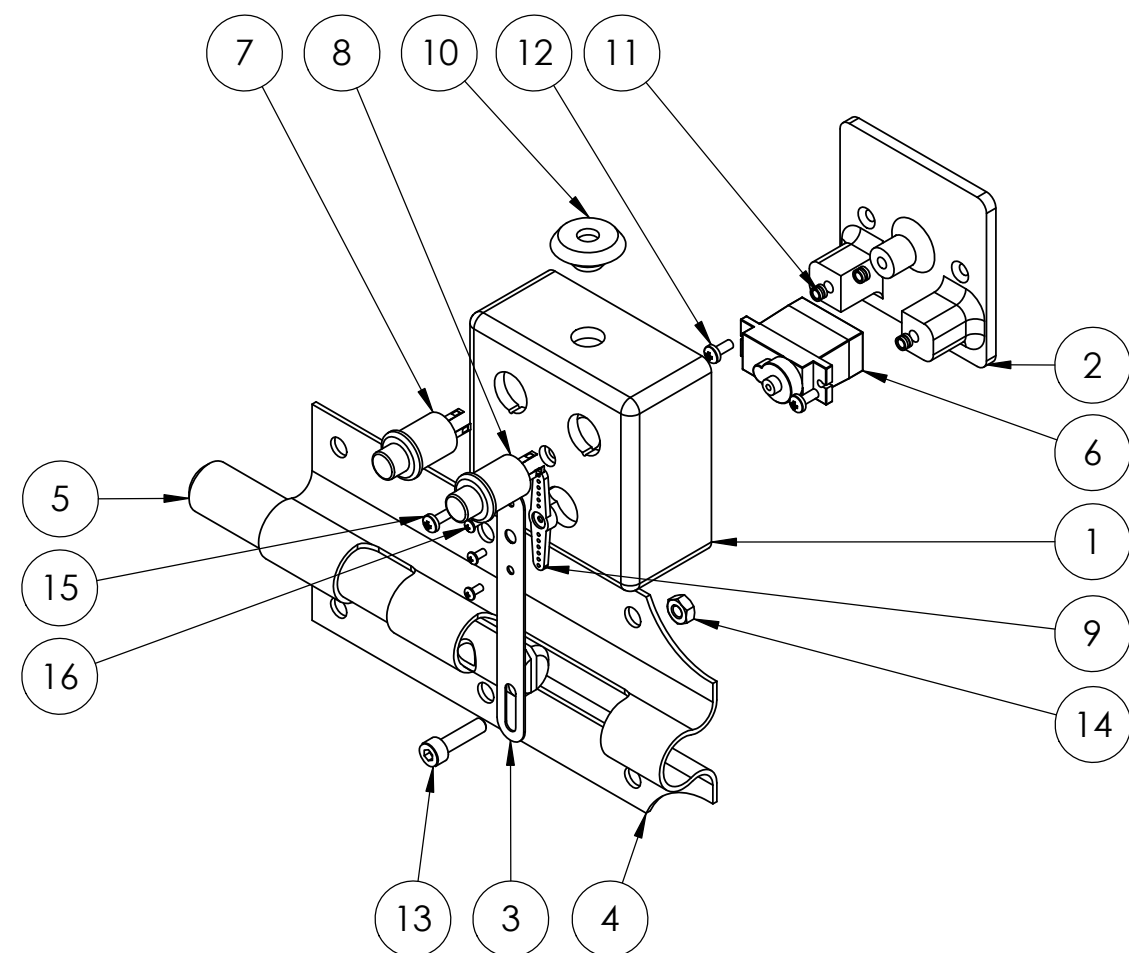
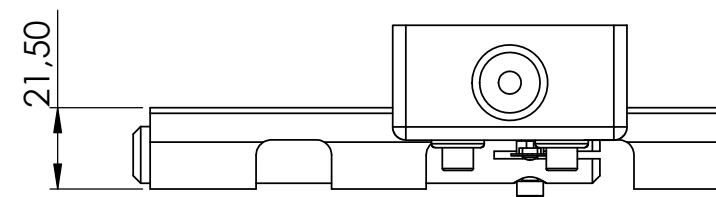
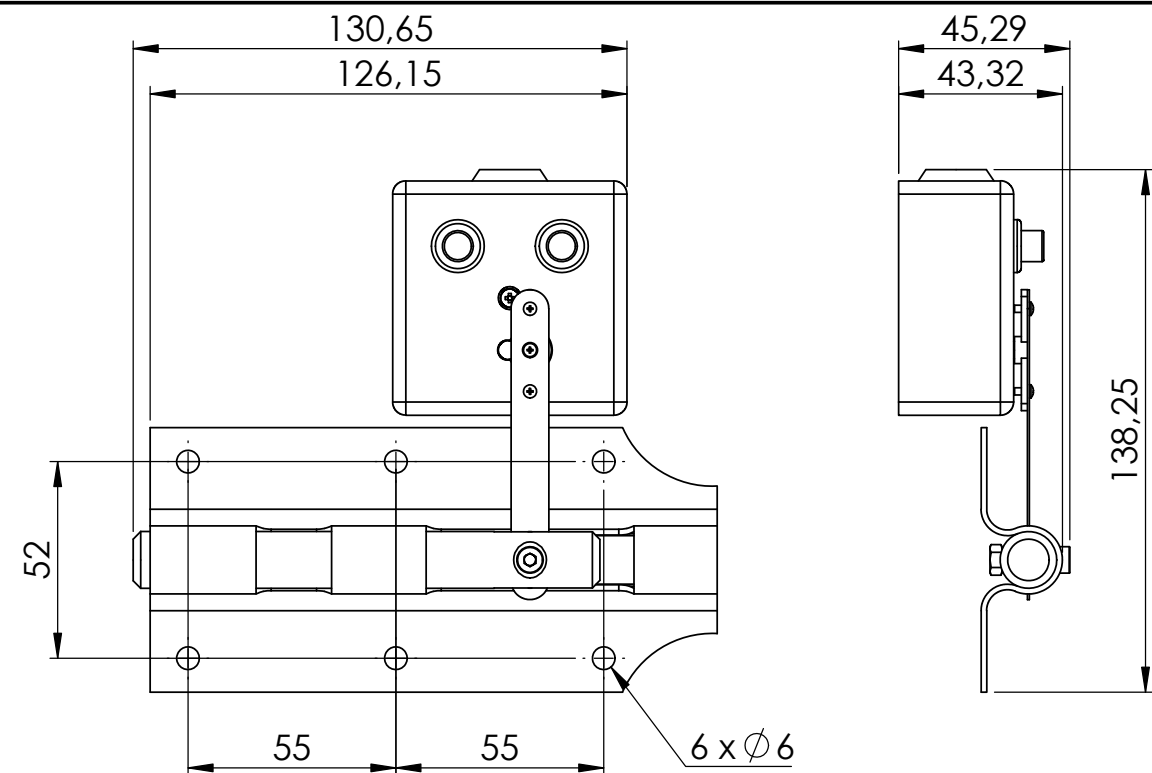
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Juhtpaneeli trükkplaat Ülemise kihi skeem	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 2/4	Tähis: TN 18/140443 B 01 01 S



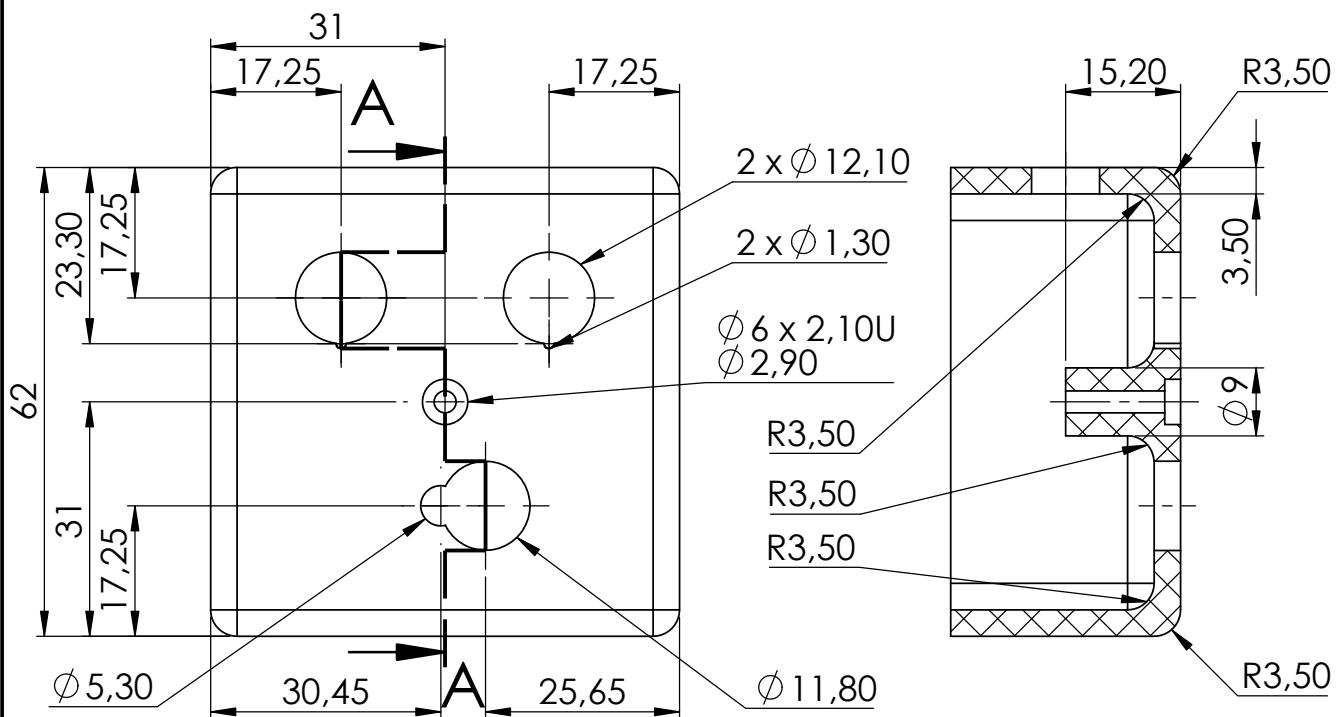
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Juhtpaneeli trükkplaat Alumise kihi skeem	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 3/4	Tähis: TN 18/140443 B 01 02 S

	LCD ekraani mooduli 1x6 isane piikriba	1	
	Maatriksklaviatuuri 1x7 isane piikriba	1	
LCD1	RAYSTAR OPTRONICS RC1602B-GHY-CSXD LCD ekraani moodul	1	
IC2	TEXAS INSTRUMENTS TPD2E009DRTR staatilise elektri kaitsekivi	1	
IC1	ATMEL ATMEGA32U4 mikrokontroller	1	
OSC1	TXC 7A-16,000MAAJ-T 16 MHz kristall	1	
X2	CAMDENBOSS CTB0502/4 kruviterminal	1	
X1	AMPHENOL 10104110-0001LF mUSB pesa	1	
SW3	MULTICOMP MCAK207NBBWWP maatriksklaviatuur	1	
SW1,2	PANASONIC EVQQ2D03W surunupp	2	
LED1,2	Valgusdiod	2	
VR1	BOURNS 3314J-1-103E 10 k Ω potentsiomeeter	1	
R5,7,8,10	1 k Ω takisti	4	
R3,4	10 k Ω takisti	2	
R1,2	22 Ω takisti	2	
C11	47 μ F elektrolüüt-kondensaator	1	
C10,15	10 μ F keraamiline kondensaator	2	
C8,9	18 pF keraamiline kondensaator	2	
C7	1 μ F keraamiline kondensaator	1	
C1-6,C12-14	0,1 μ F keraamiline kondensaator	9	
Tähis:	Nimetus:	Hulk:	Märkus:
Tellija:		Objekt, seade:	
		Juhtpaneeli trükkplaat	
Teostas	Aivo Guske	Nimetus:	
Kontrollis	Janar Kalder		
Kinnitas	Janar Kalder		
EMÜ TS-TN		Leht: 4/4	Tähis: TN 18/140443 B 01 03 S

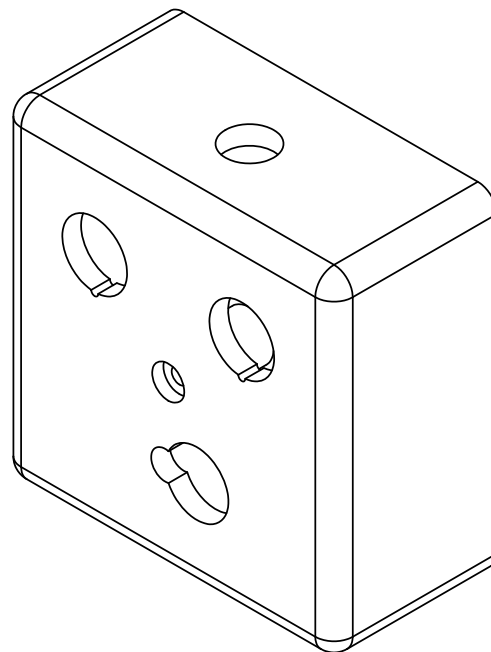
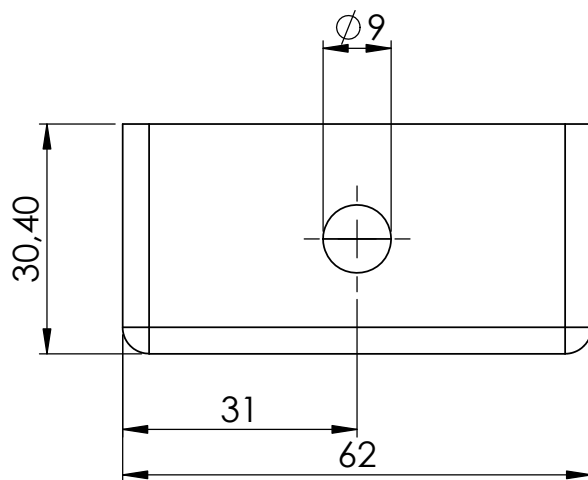
Lisa C. Ukselukustuse tehnilised joonised

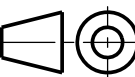


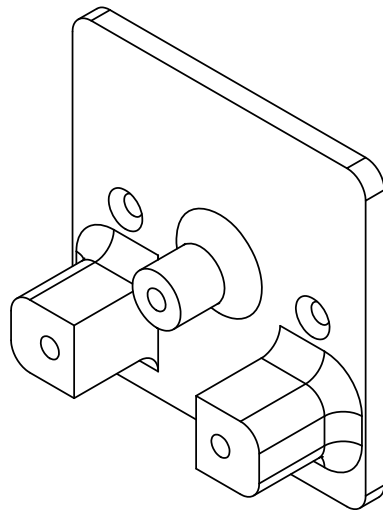
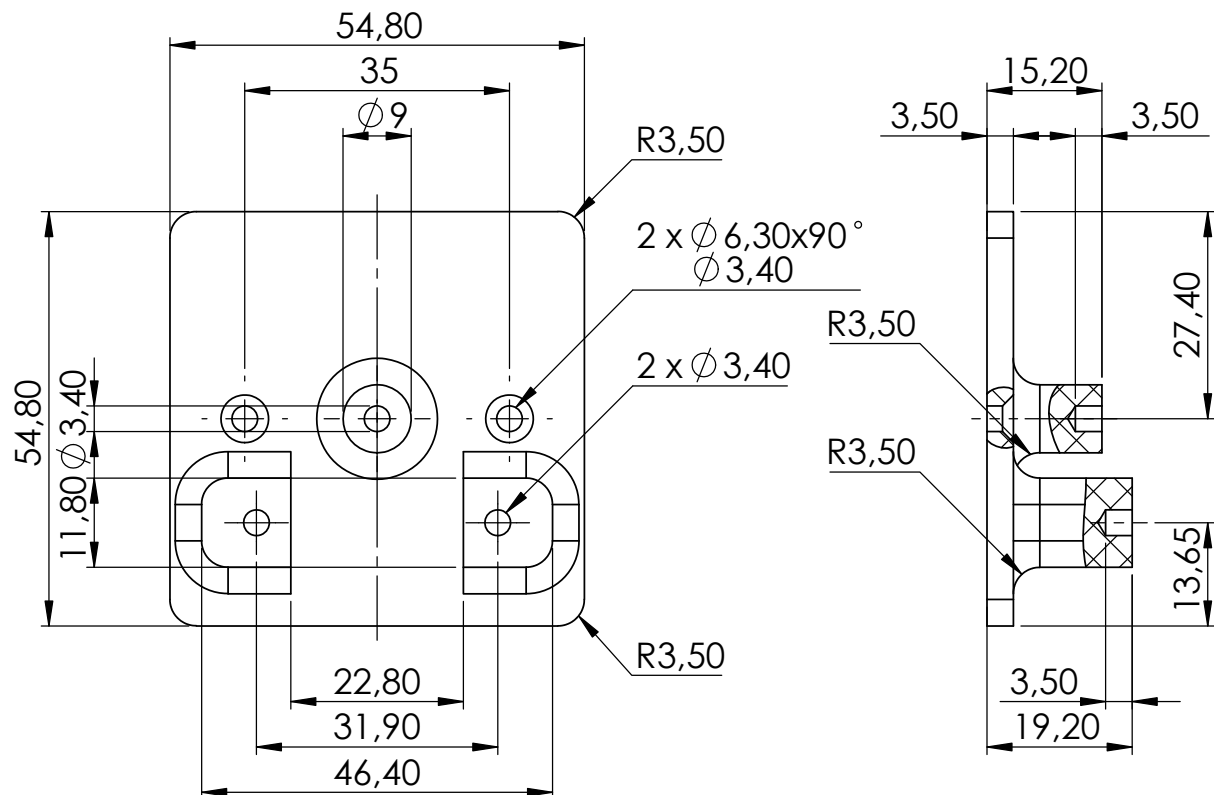
16		Isekeermestav kruvi DIN 7970 ST1,9		3	
15		Ristpeakruvi Kraftberg DIN 7985 M2,5x18		1	
14		Mutter DIN 934 M4		1	
13		Kuuskantkruvi DIN 912 M4x16		1	
12		Ristpeakruvi Kraftberg DIN 7985 M2,5x6		2	
11		Keermestatud sisestus Bossard DIN 16903B B2,5/BN1036		3	
10		Juhtme läbiviik HT Hi Tech Polymers HSS-M9-TPE		1	
9		Servomootori õlg		1	
8		Juhtnupp MultiComp R13-548CL-05-BG		1	
7		Juhtnupp MultiComp R13-548CL-05-BR		1	
6		Servomootor TowerPro SG90		1	
5		Ukseriivi hoob d=15 mm		1	
4		Ukseriivi raam 150x70x1,50 mm		1	
3		Ühenduslüli	TN 18/140443 C 01 03 D	1	
2		Ukselukustuse korpus 2	TN 18/140443 C 01 02 D	1	
1		Ukselukustuse korpus 1	TN 18/140443 C 01 01 D	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhälbed: ISO 2768	Mass: 0,369 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Ukselukustuse koost			
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 C 01 00 K		



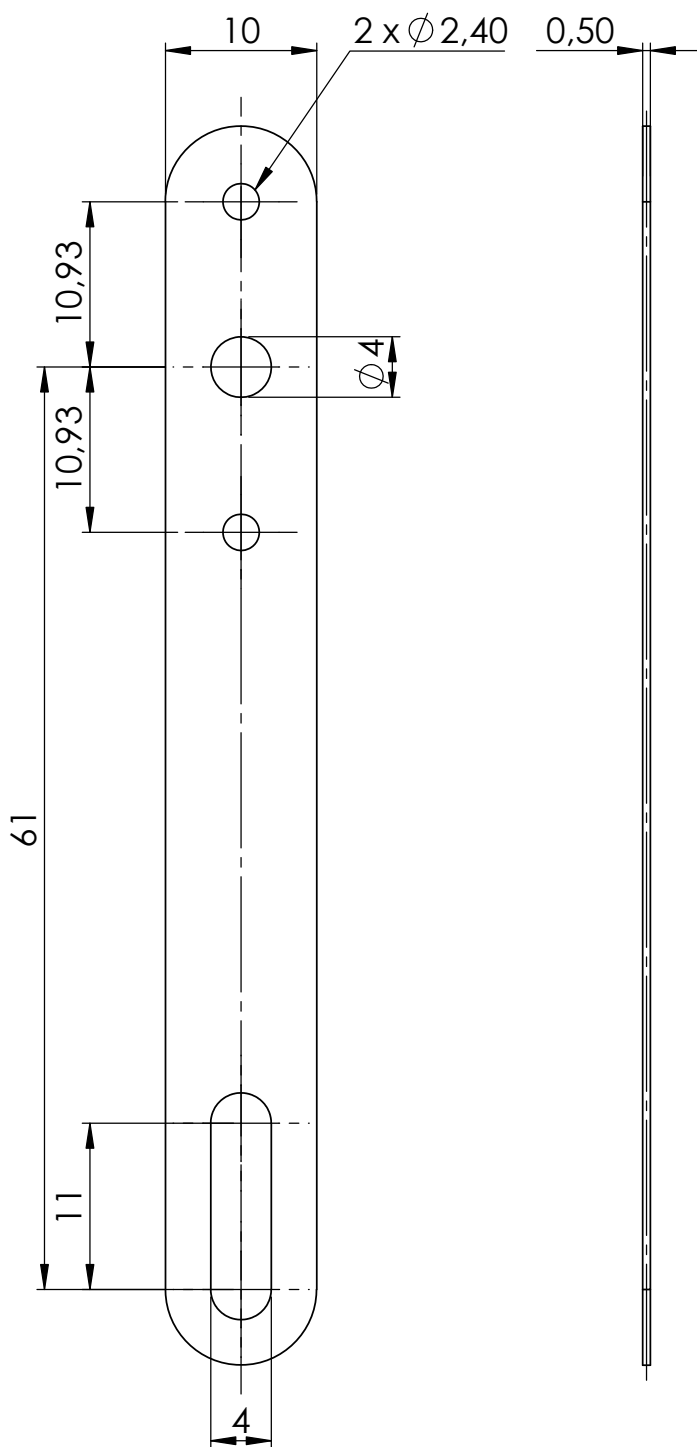
VAADE A-A



	Materjal: ABS		Näitamata piirhálbed: ISO 2768		Mass: 0,035 kg	Mõõt: 1:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Ukselukustuse korpus 1				
Kontrollis	Janar Kalder					
Kinnitas	Janar Kalder					
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 C 01 01 D			

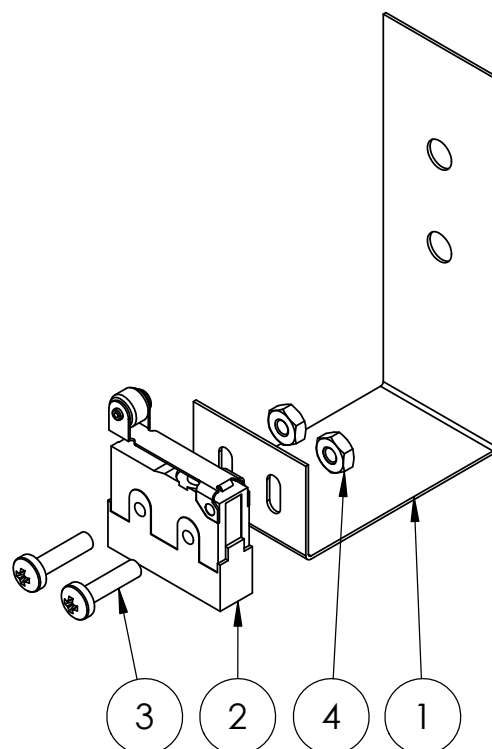
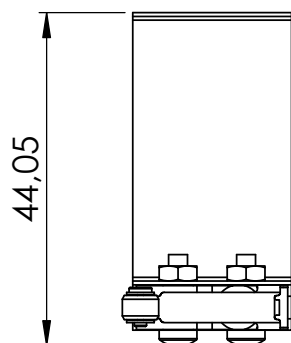
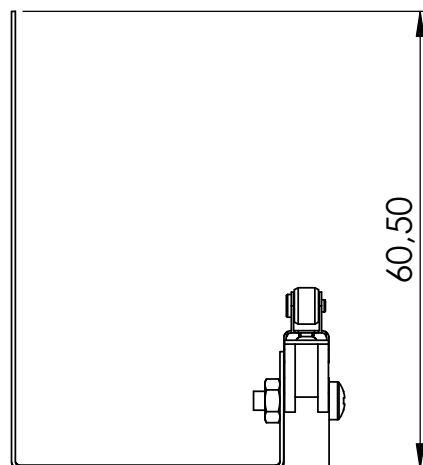
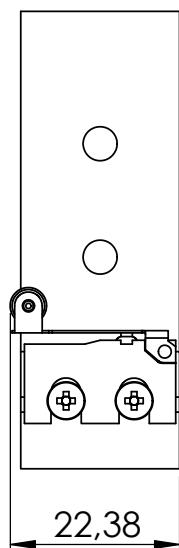


	Materjal: ABS	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,016 kg	Mõõt: 1:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Ukselukustuse korpus 2		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 C 01 02 D	

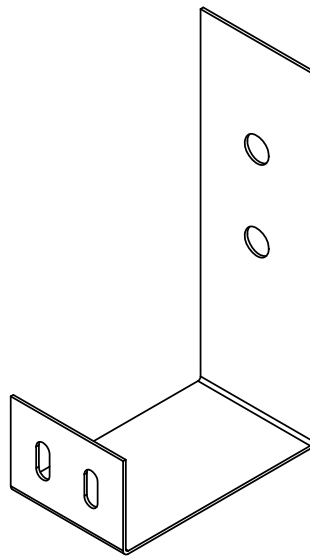
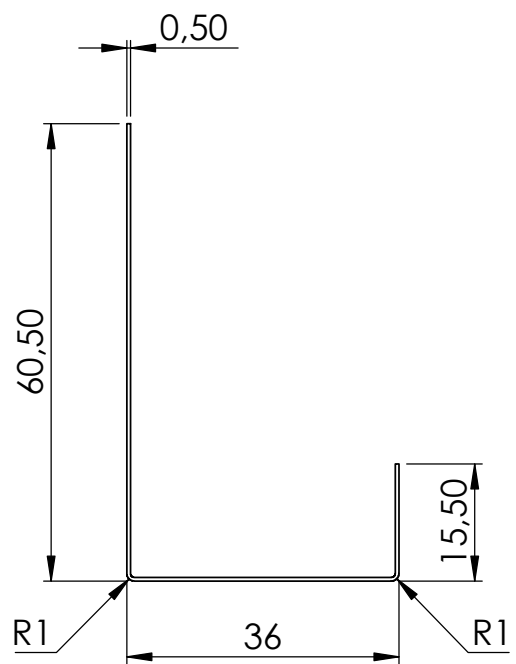
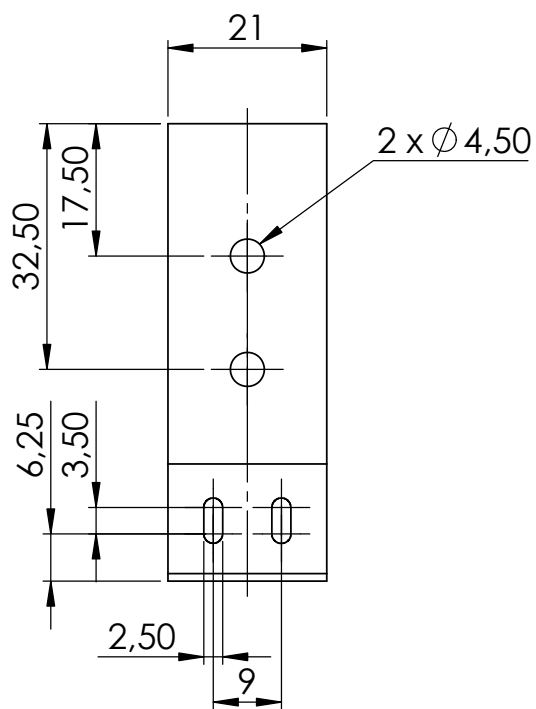


	Materjal: Teras	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,003 kg	Mõõt: 2:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Ühenduslüli		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 C 01 03 D	

Lisa D. Piirlütite tehnilised joonised

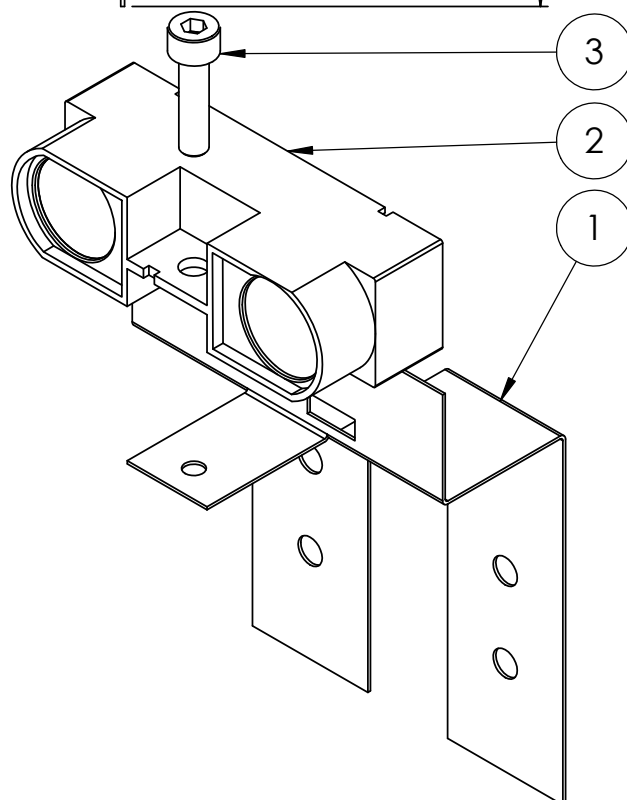
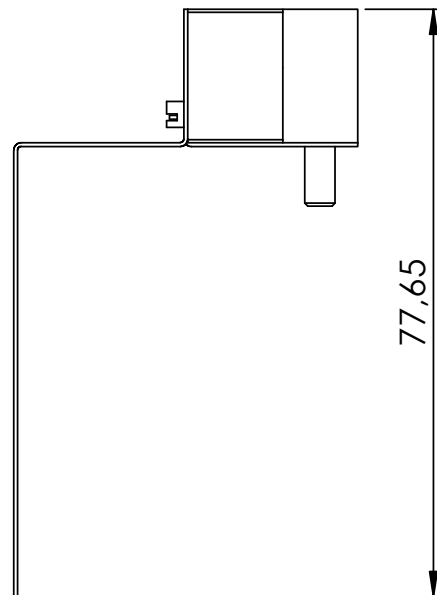
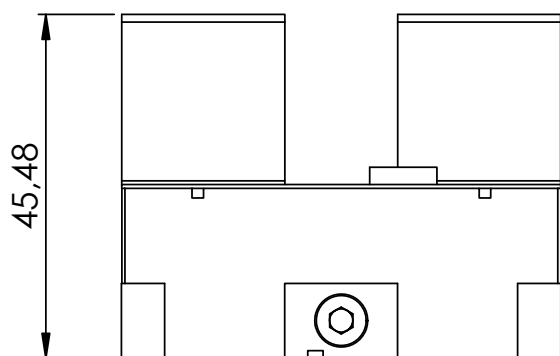
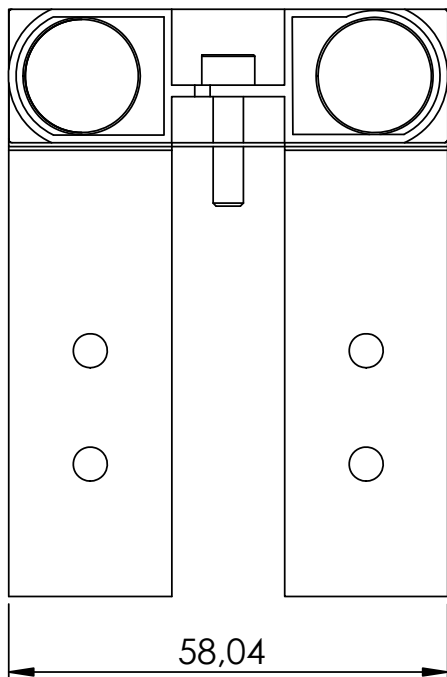


4		Mutter DIN 934 M2,5		4	
3		Ristpeakruvi DIN 7985 M2,5x10		4	
2		Piirüliiti Omron D2SW-01L2-3M		2	
1		Piirüliiti kinnitus	TN 18/140443 D 01 01 D	2	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhälbed: ISO 2768	Mass: 0,013 kg	Mõõt: 1:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Piirüliiti koost			
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 D 01 00 K		

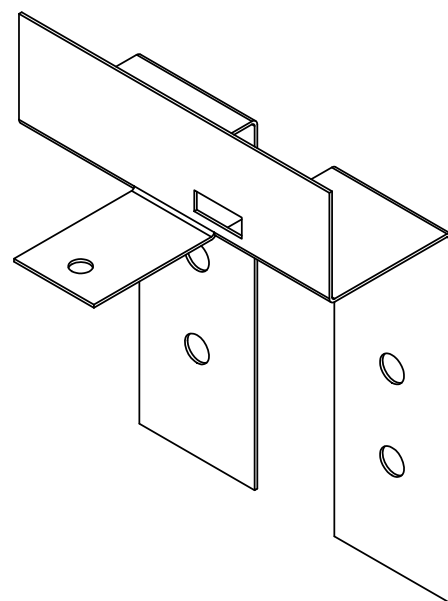
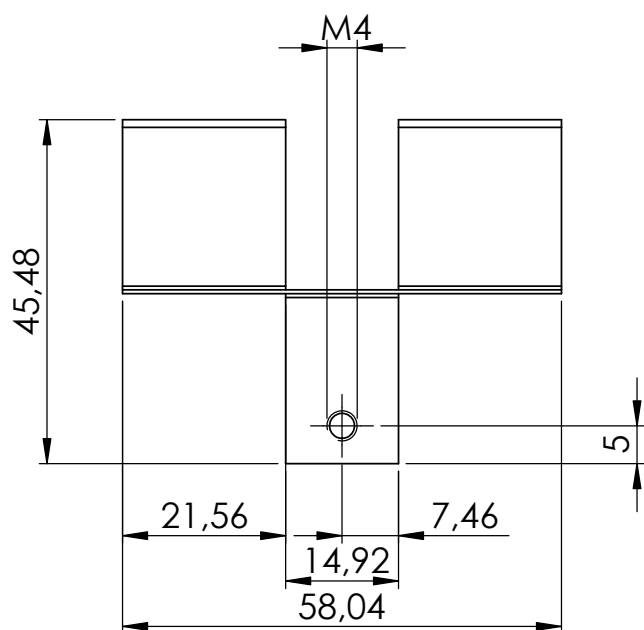
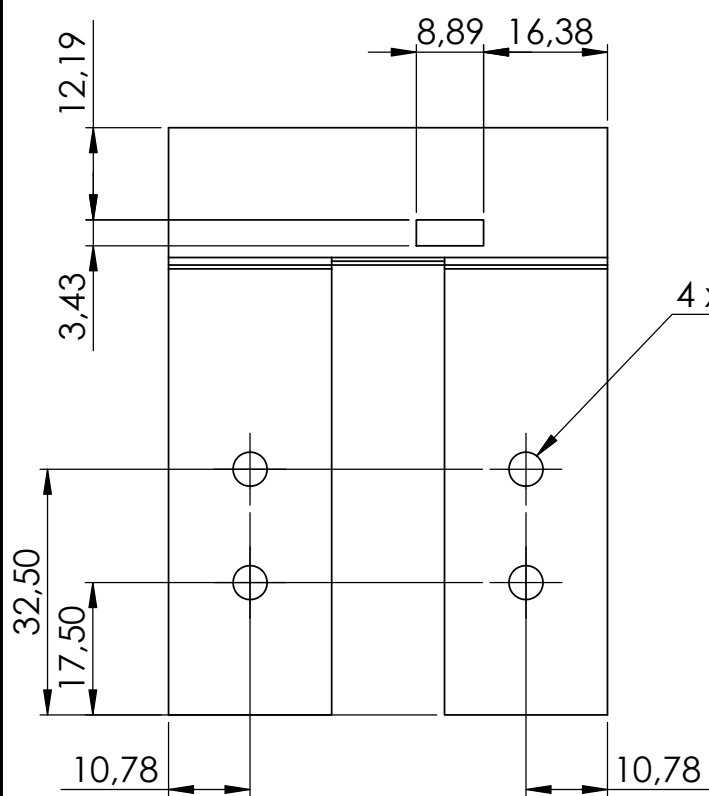


	Materjal: Teras	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,009 kg	Mõõt: 1:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Pürlüiti kinnitus		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 D 01 01 D	

Lisa E. Infrapuna kaugusanduri tehnilised joonised

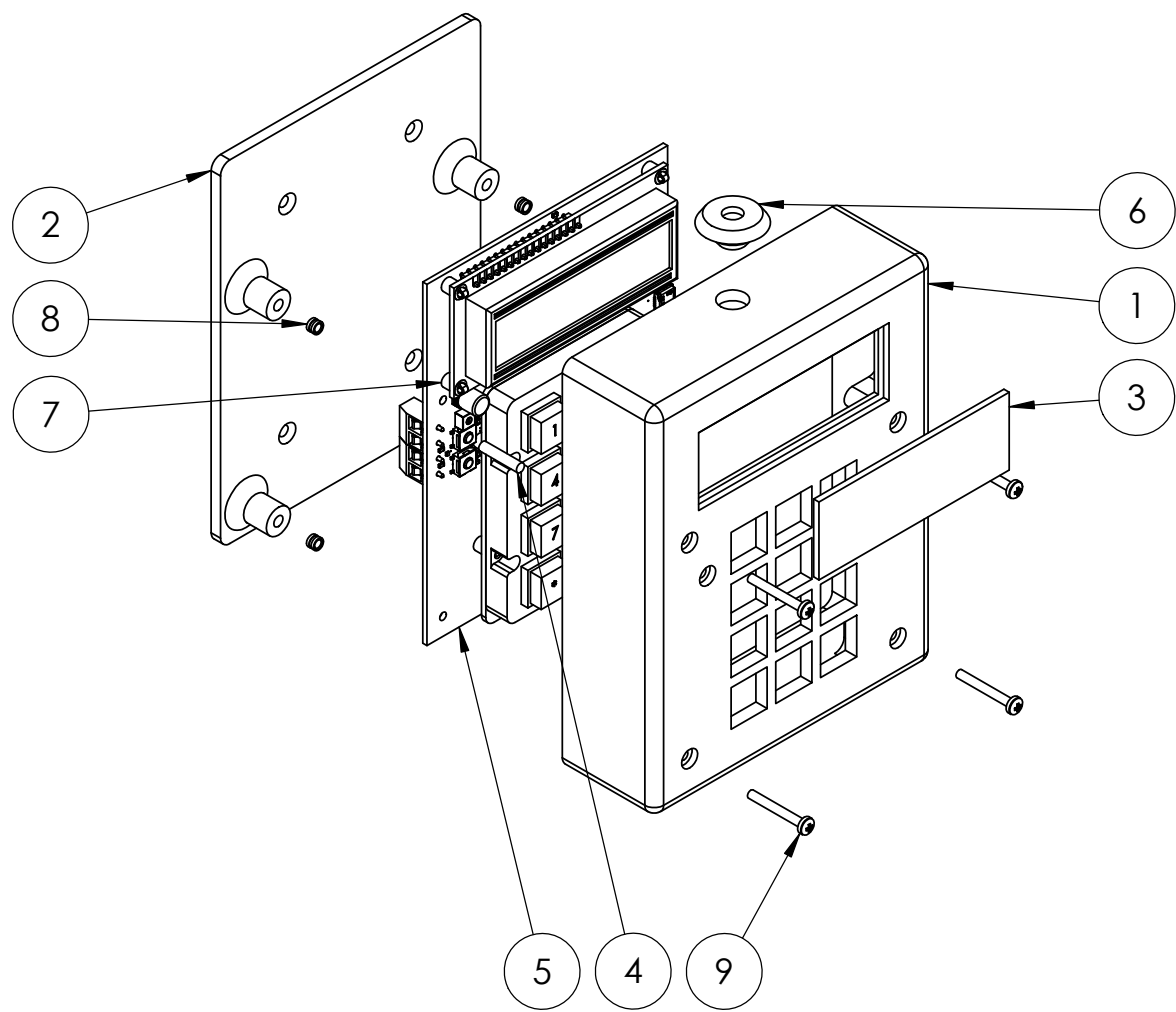
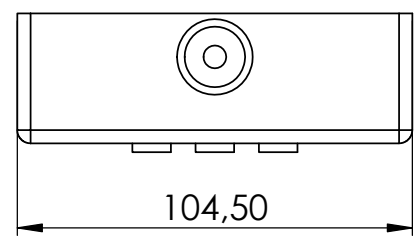
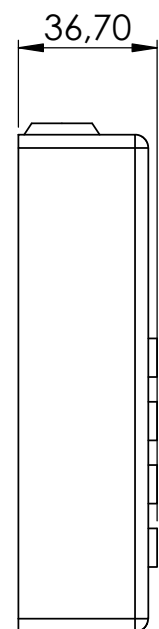
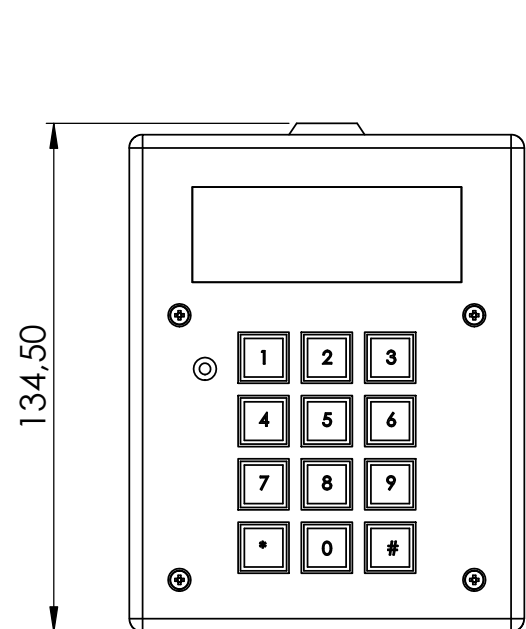


3		Kuuskantkruvi DIN 912 M4x16		1	
2		Infrapuna kaugusandur Sharp GP2Y0A710K0F		1	
1		Infrapuna kaugusanduri kinnitus	TN 18/140443 E 01 01 D	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
	Materjal:		Näitamata piirhälbed: ISO 2768	Mass: 0,03 kg	Mõõt: 1:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Infrapuna kaugusanduri koost			
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 E 01 00 K		



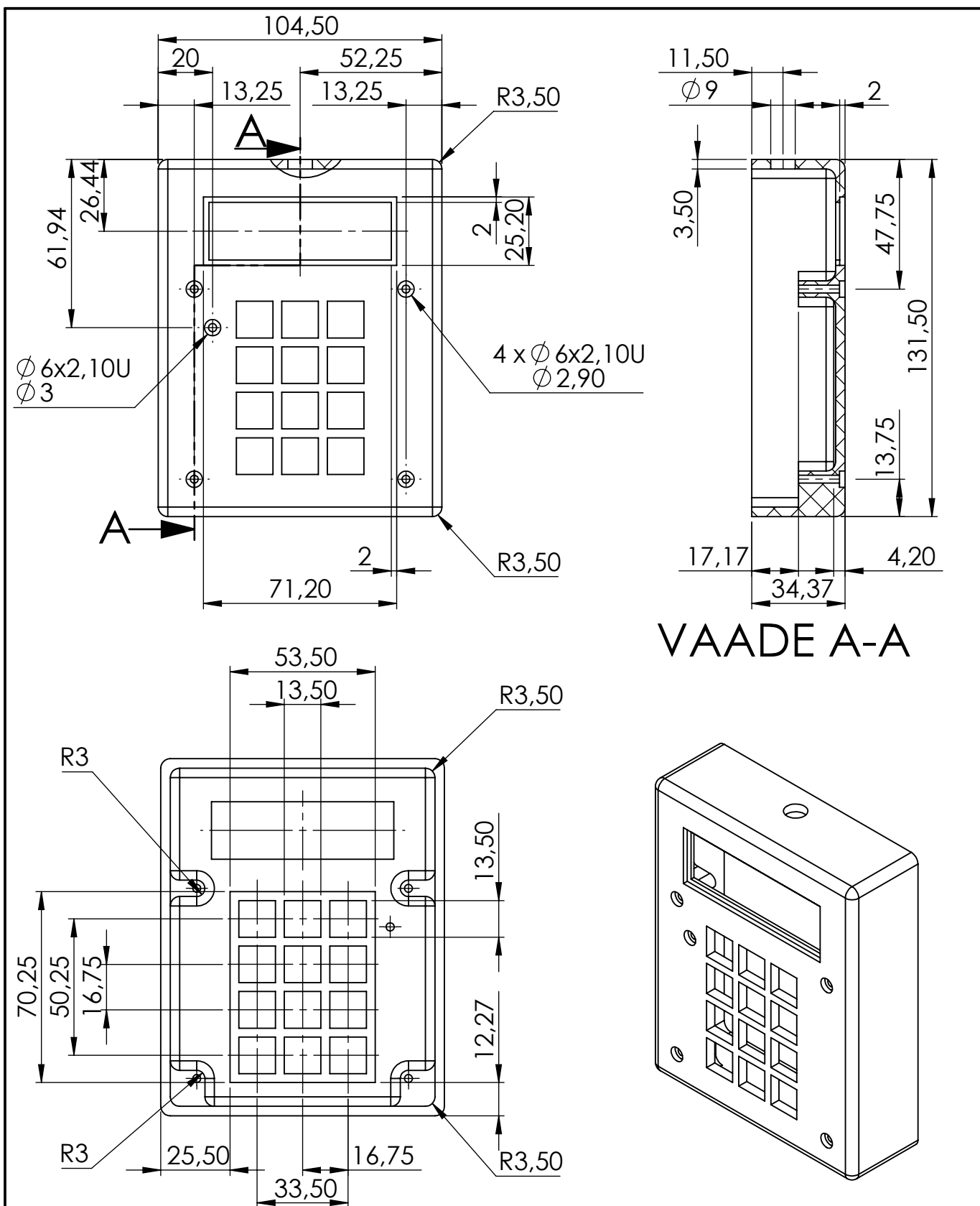
	Materjal: Teras	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,019 kg	Mõõt: 1:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Infrapuna kaugusanduri kinnitus		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 E 01 01 D	

Lisa F. Juhtpaneeli tehnilised joonised

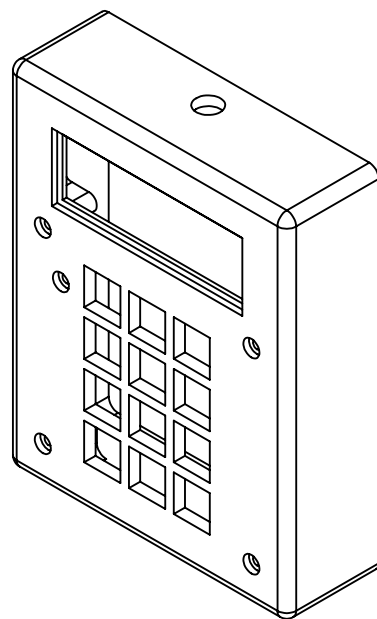


Märkused: detailid 1 ja 3 ning 4 ja 5 on ühendatud liimliitega

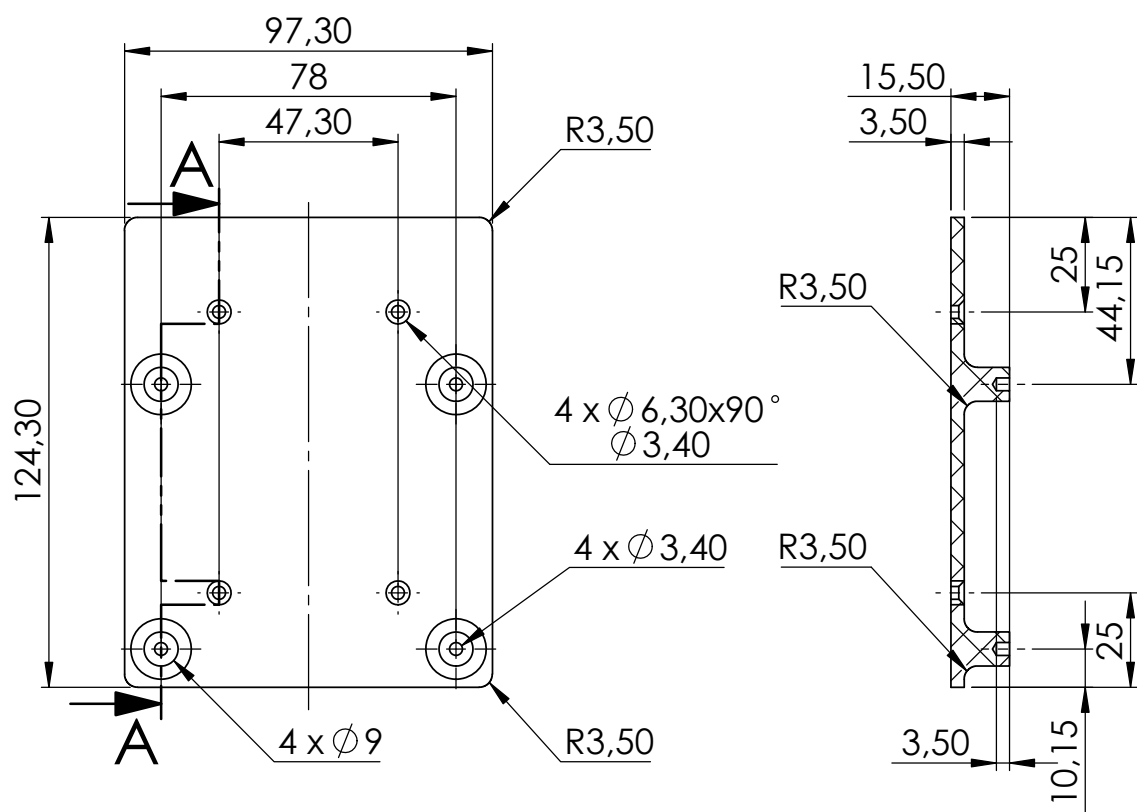
9		Ristpeakruvi Kraftberg DIN 7985 M2,5x20		4	
8		Keermestatud sisestus Bossard DIN 16903B B2,5/BN1036		4	
7		Plastiklõks Fix&Fasten FIX-MADA-3,5		8	
6		Juhtme läbiviik HT Hi Tech Polymers HSS-M9-TPE		1	
5		Juhtpaneeli trükkplaat		1	
4		Lähtestamise nupu pikendus	TN 18/140443 F 01 04 D	1	
3		Juhtpaneeli korpuse klaas	TN 18/140443 F 01 03 D	1	
2		Juhtpaneeli korpus 2	TN 18/140443 F 01 02 D	1	
1		Juhtpaneeli korpus 1	TN 18/140443 F 01 01 D	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhälbed: ISO 2768	Mass: 0,274 kg	Mõõt: 1:1
Teostas	Aivo Guske	Juhtpaneeli koost			
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 F 01 00 K		



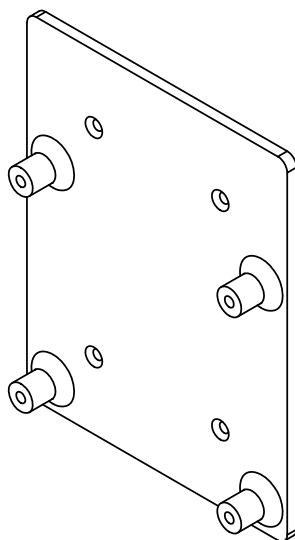
VAADE A-A



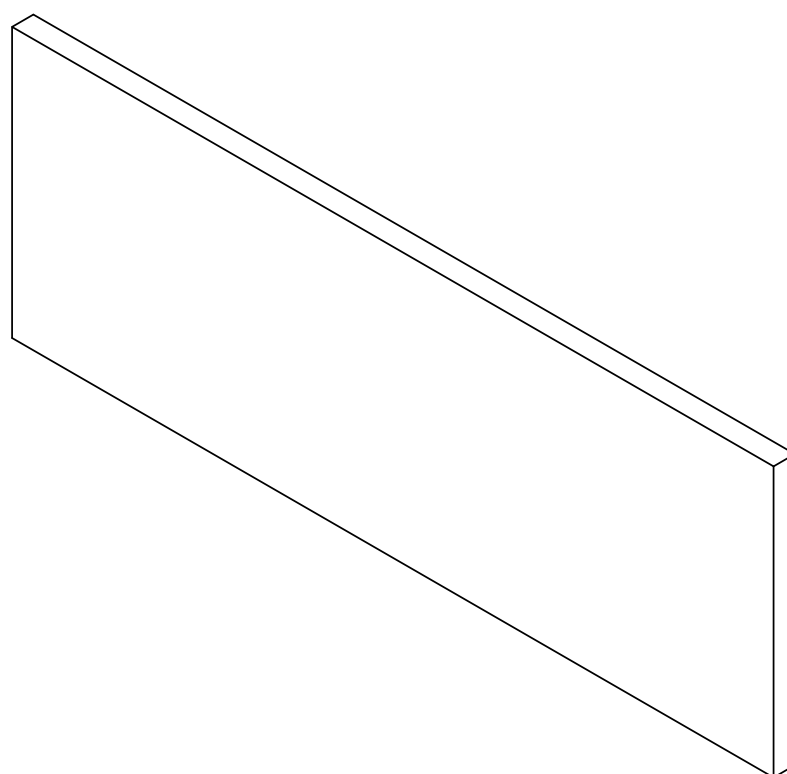
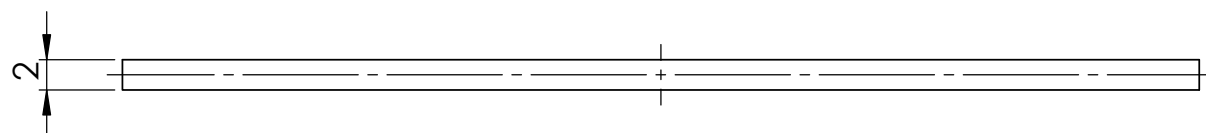
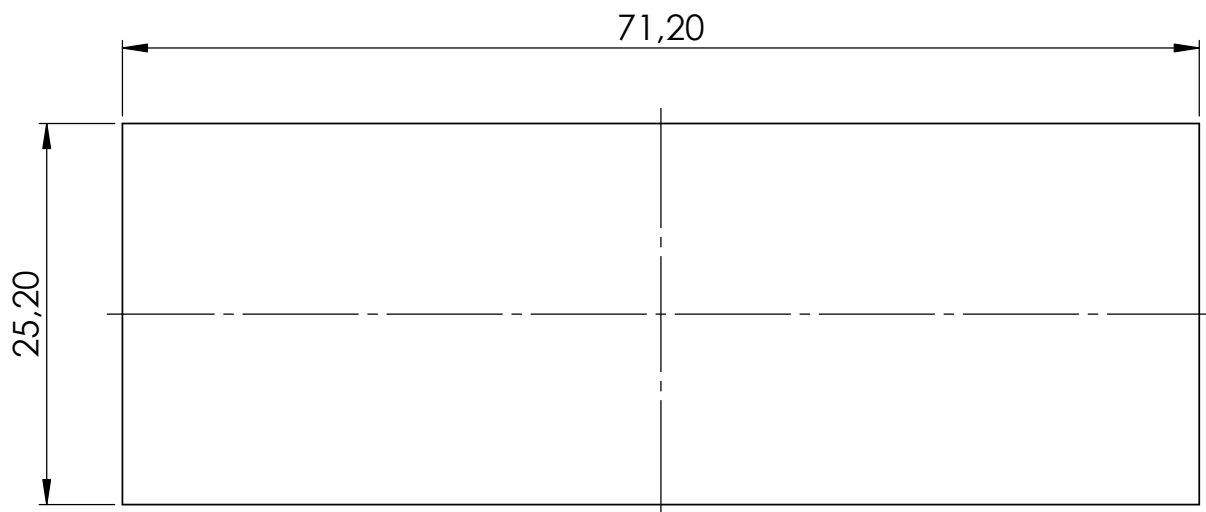
	Materjal: ABS	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,093 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Juhtpaneeli korpus 1		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 F 01 01 D	



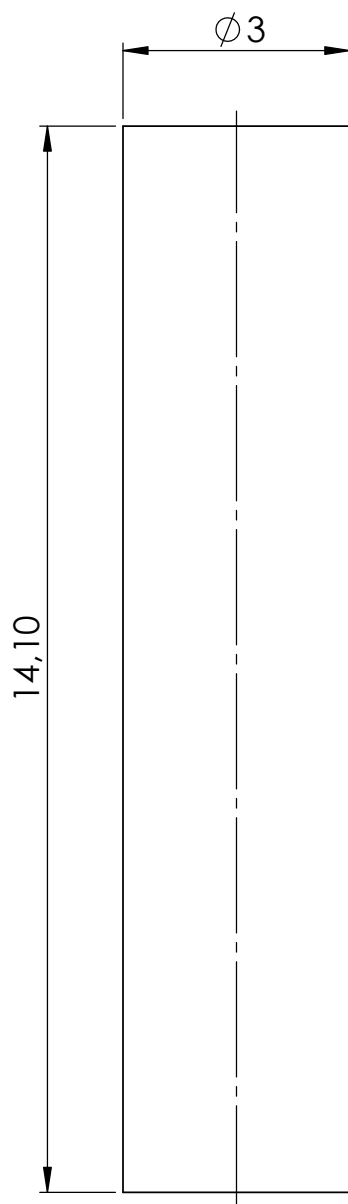
VAADE A-A



	Materjal: ABS	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,046 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Juhtpaneeli korpus 2		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 F 01 02 D	

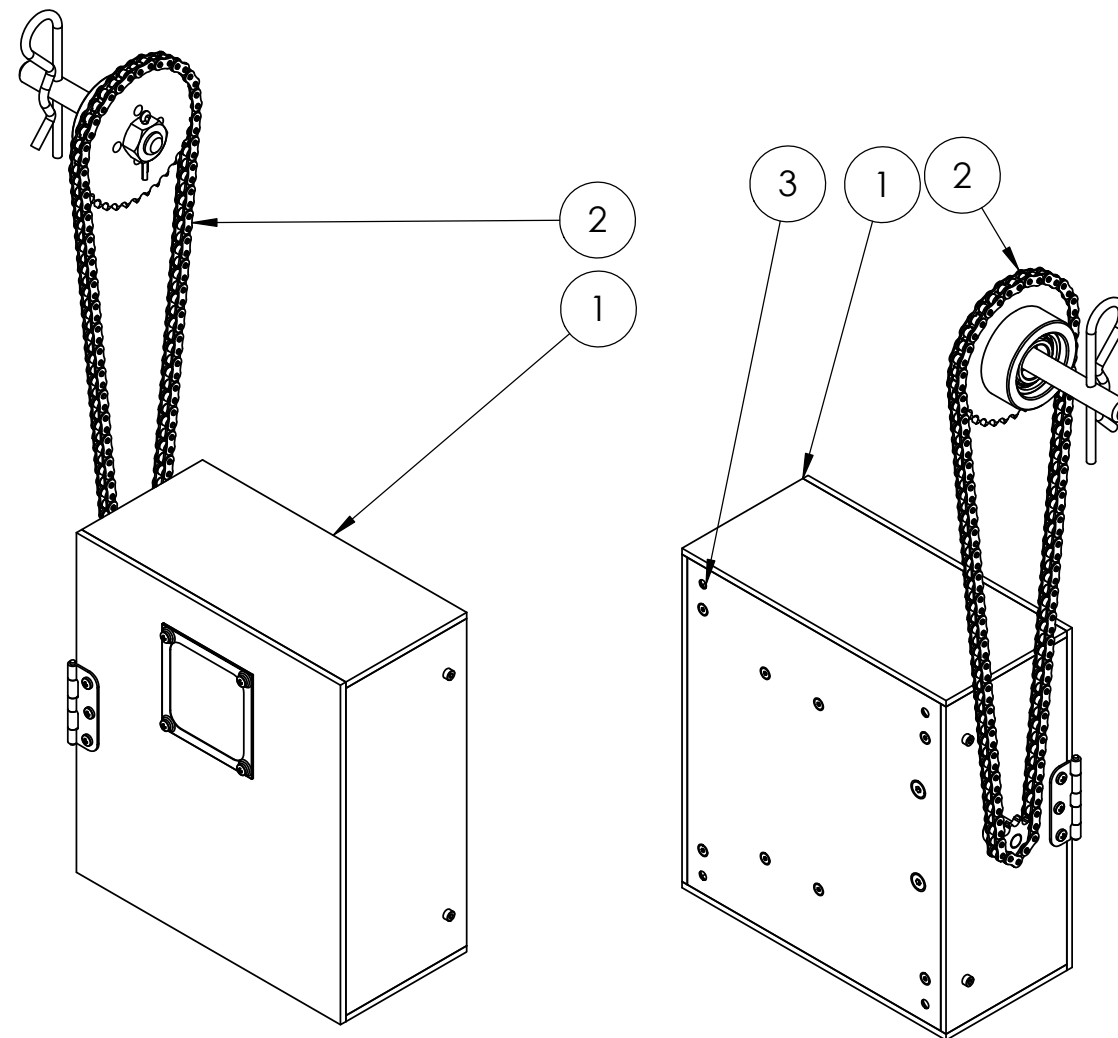
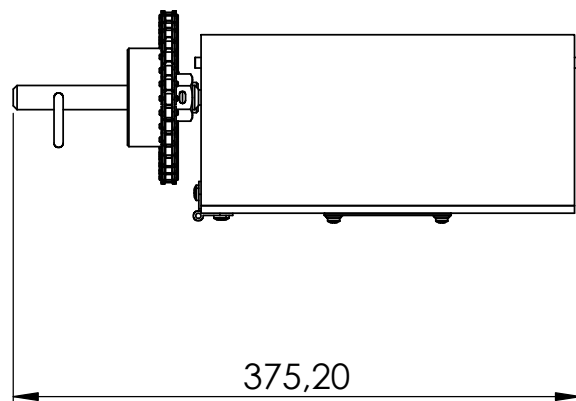
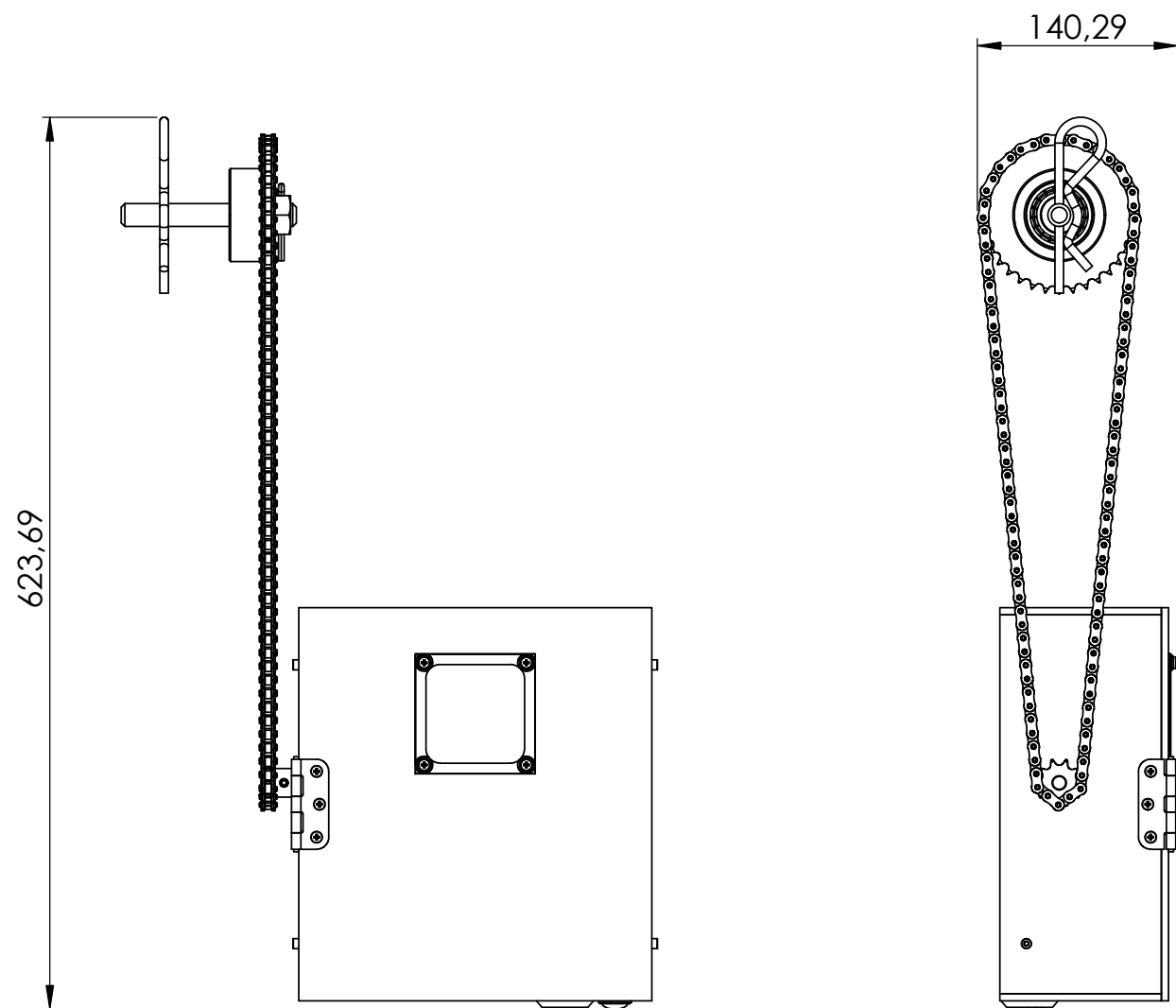


	Materjal: Klaas	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,009 kg	Mõõt: 2:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Juhtpaneeli korpuse klaas		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 F 01 03 D	

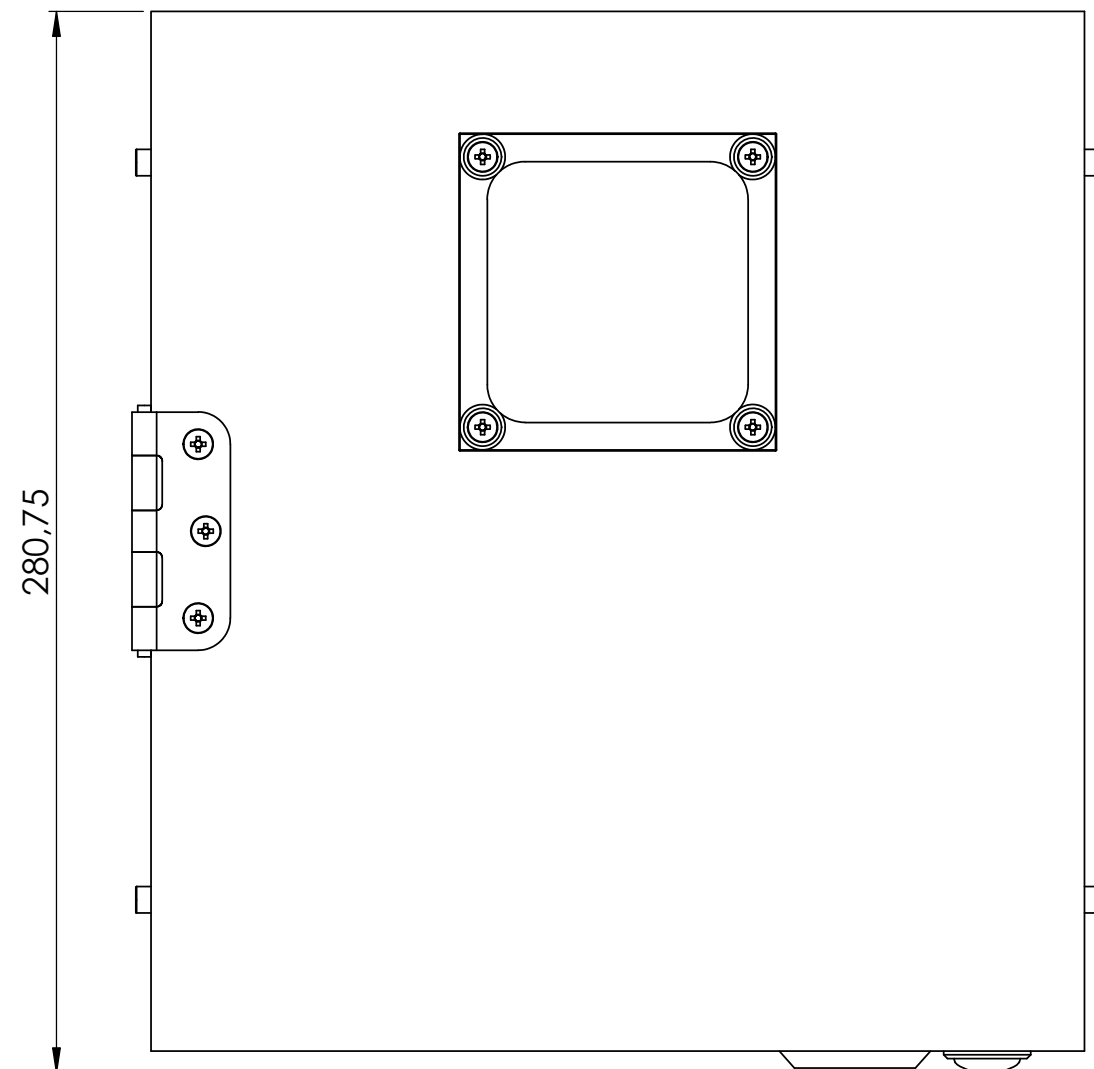
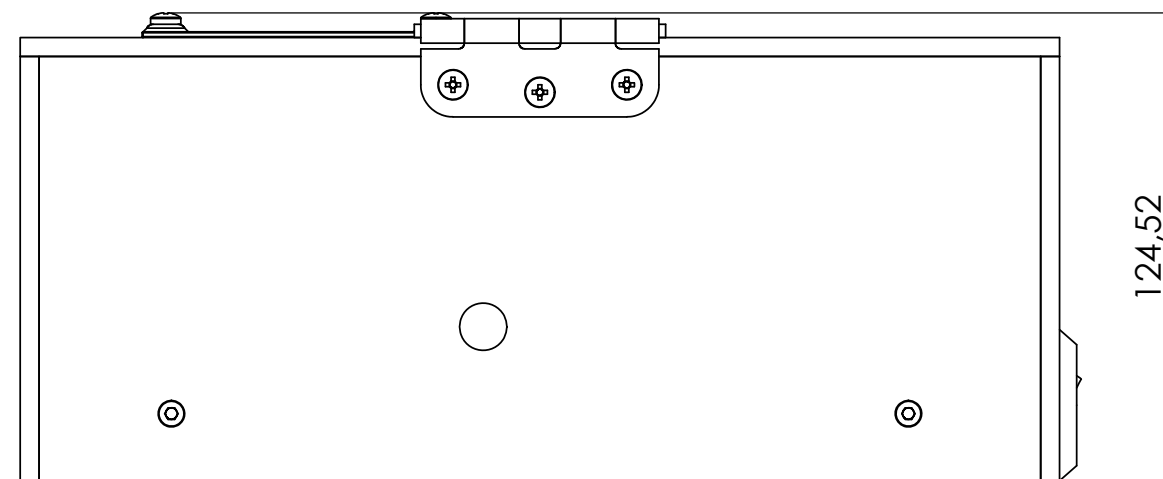
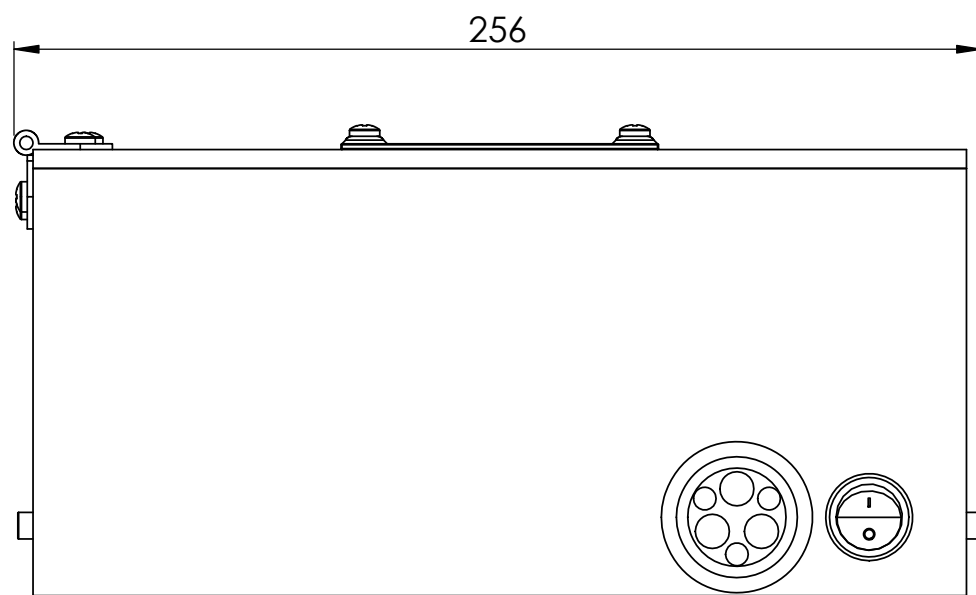


	Materjal: ABS	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,1 g	Mõõt: 10:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Lähtestamise nupu pikendus		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 F 01 04 D	

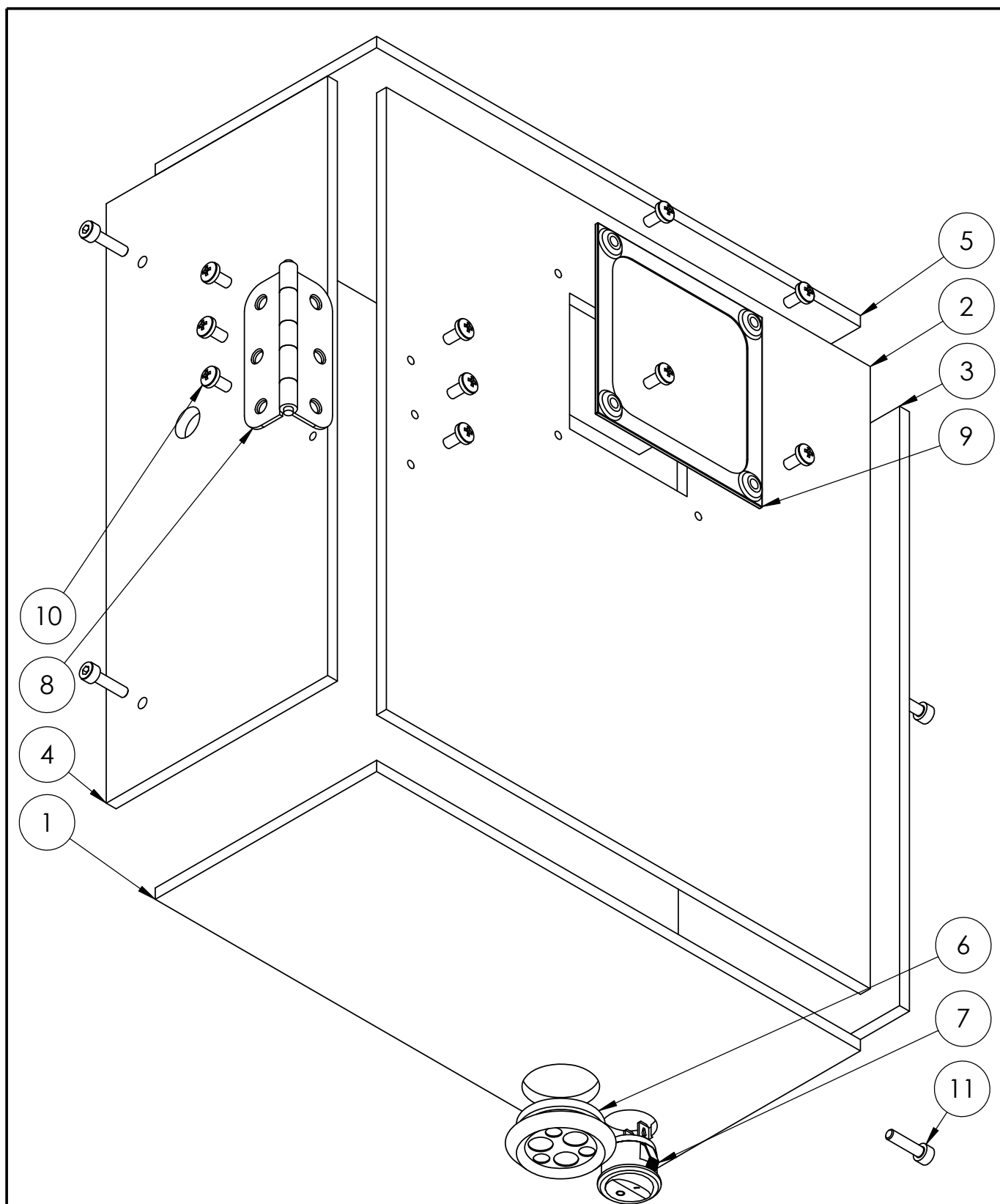
Lisa G. Peasüsteemi tehnilised joonised



3		Peasüsteemi alusplaadi koost	TN 18/140443 G 04 00 K	1	
2		Kettülekande koost	TN 18/140443 G 03 00 K	1	
1		Peasüsteemi korpuse koost	TN 18/140443 G 02 00 K	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 7,149 kg	Mõõt: 1:5
Teostas	Aivo Guske	Peasüsteemi koost			
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 01 00 K		



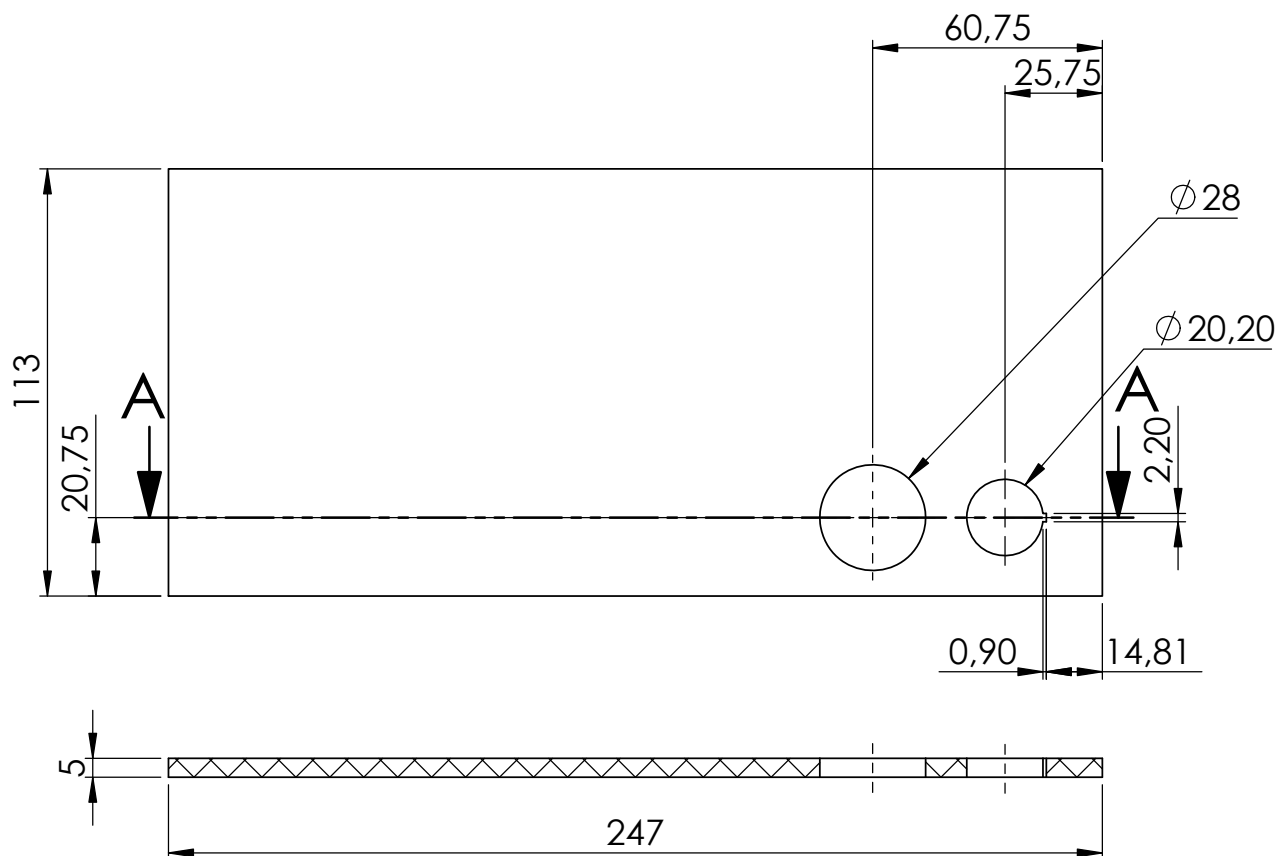
	Materjal:		Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 1,166 kg	Mõõt: 1:2
	Teostas	Aivo Guske	Peasüsteemi korpuse koost		
	Kontrollis	Janar Kalder			
	Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/3	Tähis: TN 18/140443 G 02 00 K		



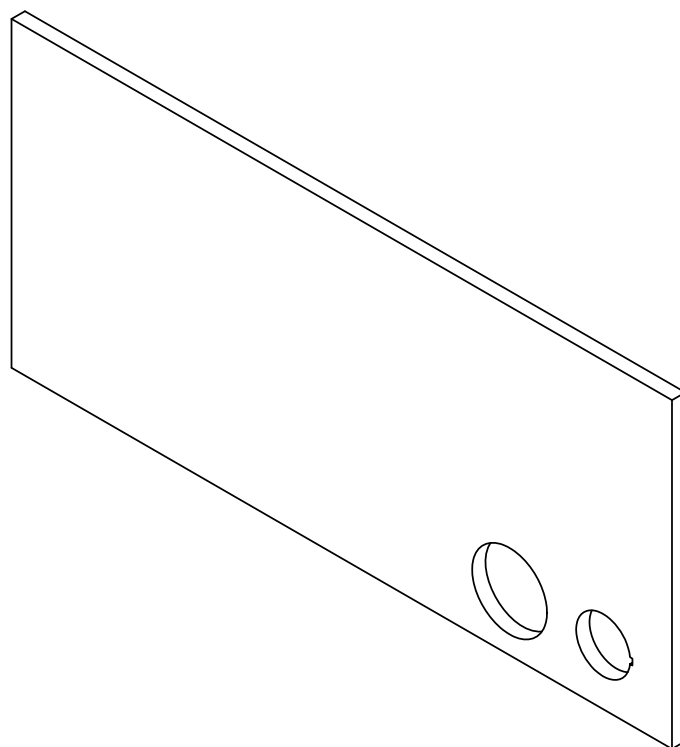
Märkused: detailid 1, 3, 4 ja 5 on ühendatud liimliitega

	Materjal:	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 1,166 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi korpuse koost		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 2/3	Tähis: TN 18/140443 G 02 00 K	

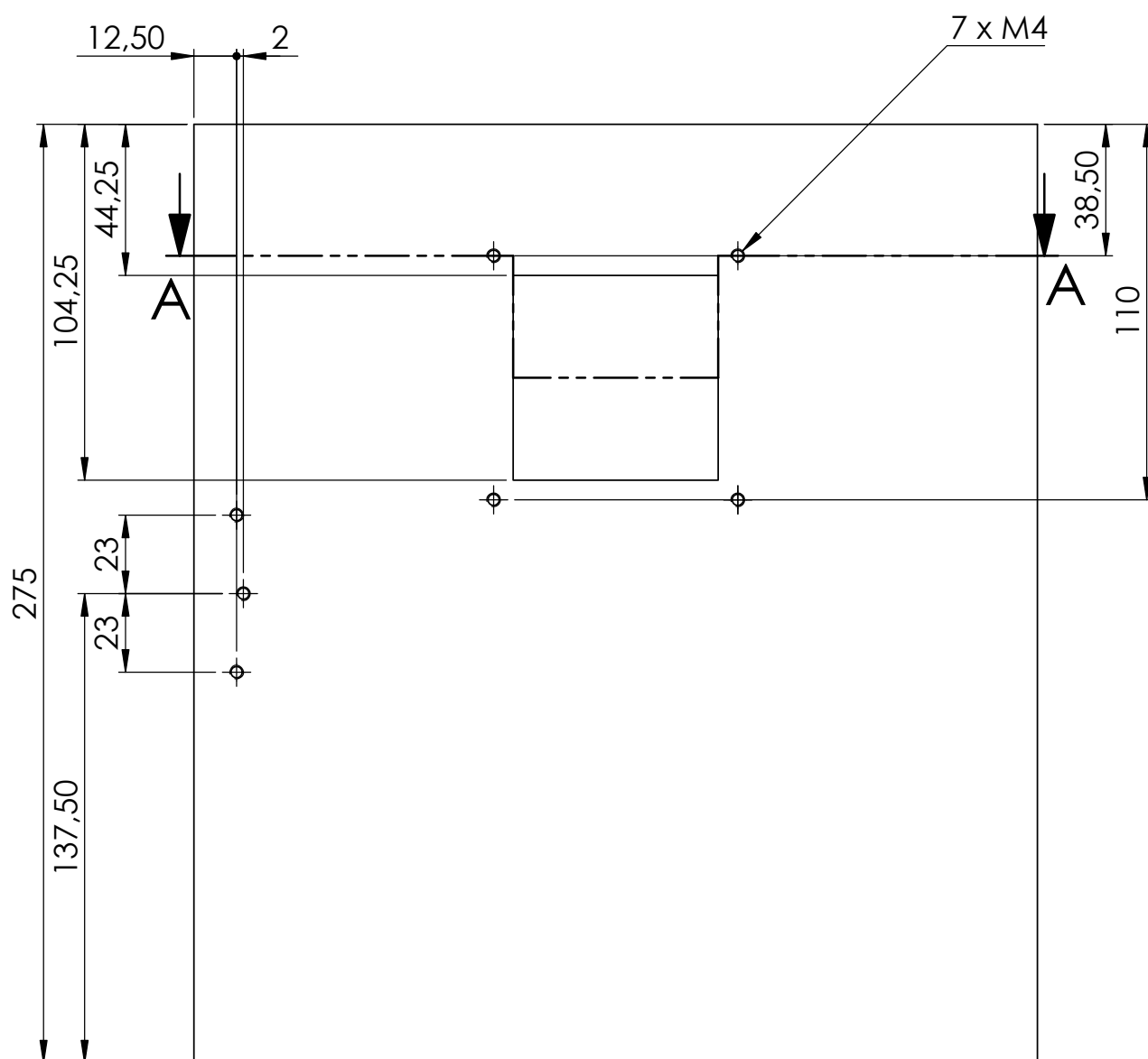
11		Kuuskantkruvi DIN 912 M4x16		4	
10		Ristpeakruvi DIN 7985 M4x8		10	
9		Tolmufilter Alumino AZUST-010		1	
8		Uksehing		1	
7		Toitenupp Arcoelectric R13-112A		1	
6		Juhtme läbiviik HT Hi Tech Polymers HTL-28-6-TPE		1	
5		Peasüsteemi korpuse plaat 5	TN 18/140443 G 02 05 D	1	
4		Peasüsteemi korpuse plaat 4	TN 18/140443 G 02 04 D	1	
3		Peasüsteemi korpuse plaat 3	TN 18/140443 G 02 03 D	1	
2		Peasüsteemi korpuse plaat 2	TN 18/140443 G 02 02 D	1	
1		Peasüsteemi korpuse plaat 1	TN 18/140443 G 02 01 D	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhälbed: ISO 2768	Mass: 1,166 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske		Nimetus: Peasüsteemi korpuse koost		
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN			Leht: 3/3	Tähis: TN 18/140443 G 02 00 K	



VAADE A-A

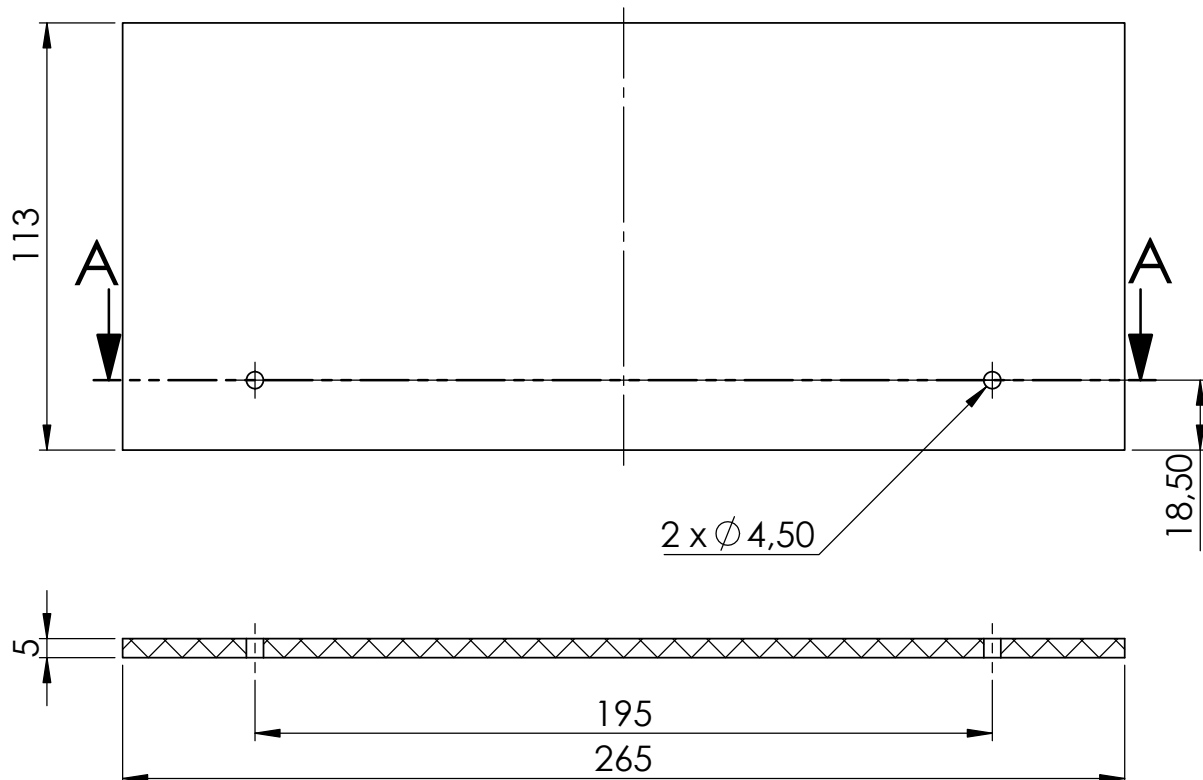


	Materjal: Akrüül	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,162 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi korpuse plaat 1		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 02 01 D	

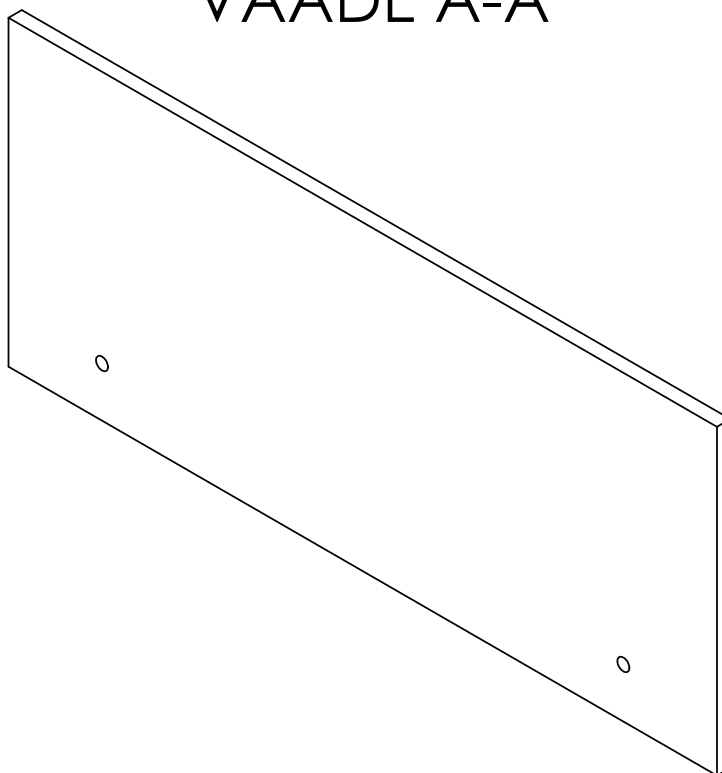


VADE A-A

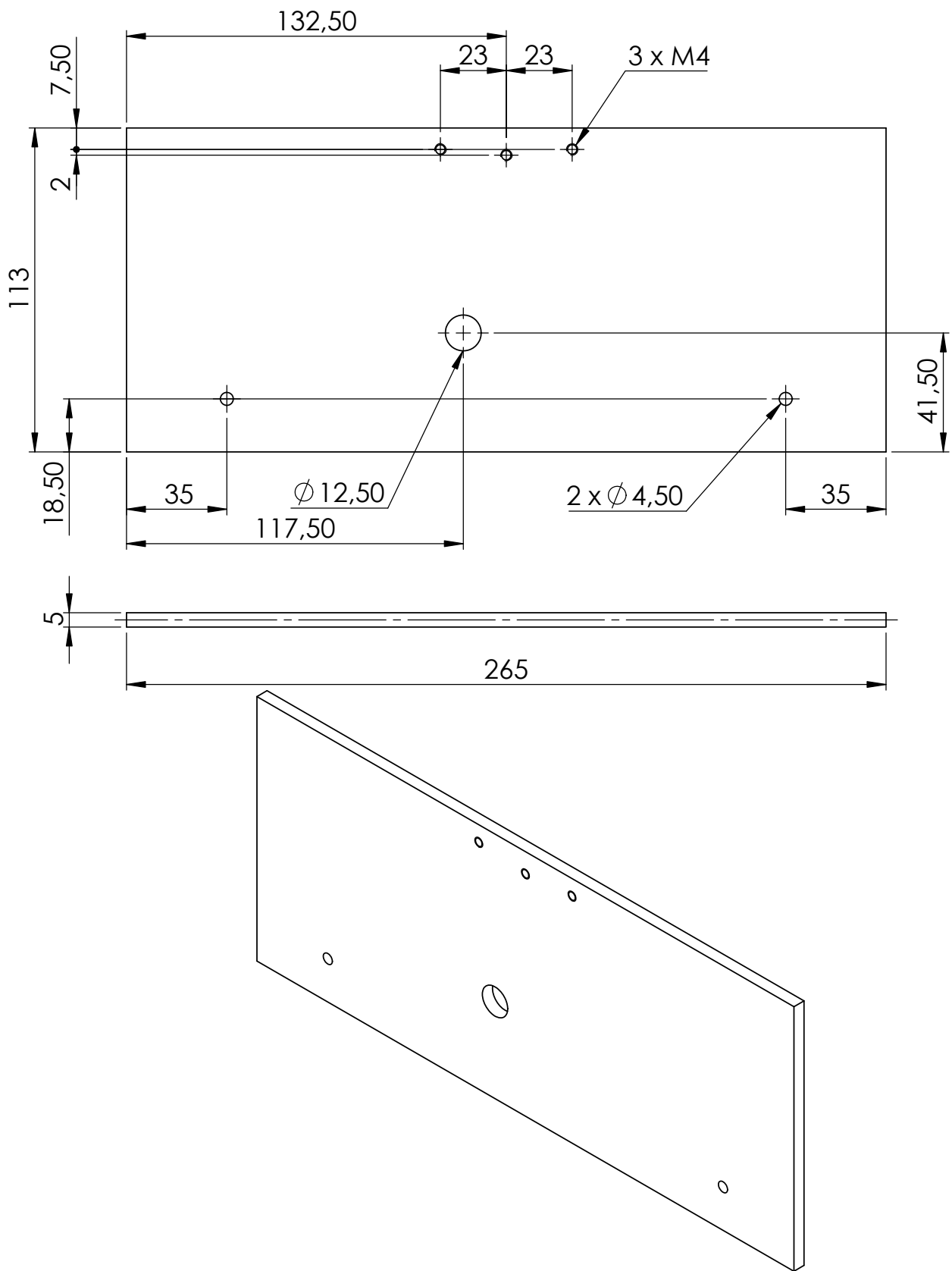
	Materjal: Akrüül	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,386 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi korpuse plaat 2		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 02 02 D	



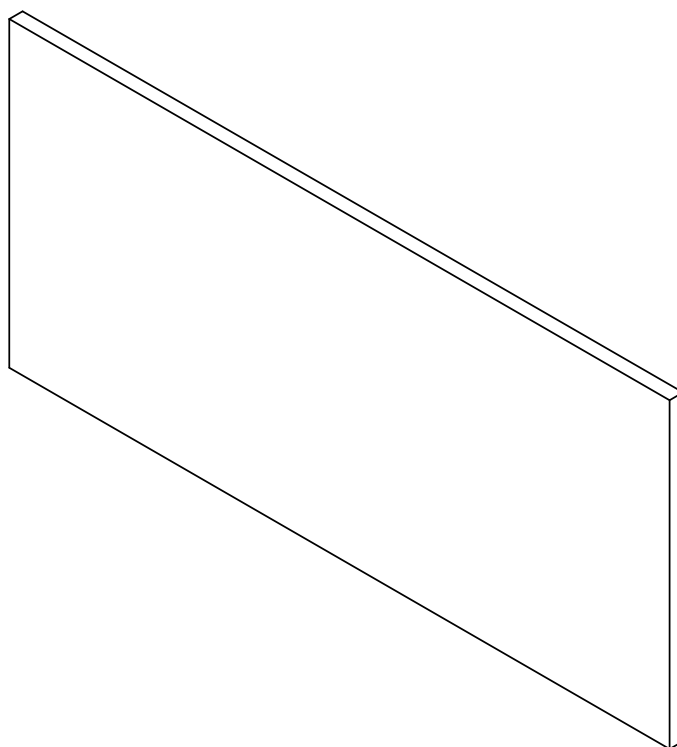
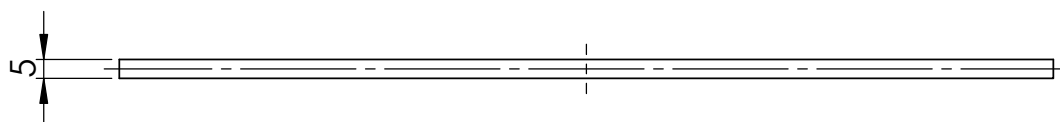
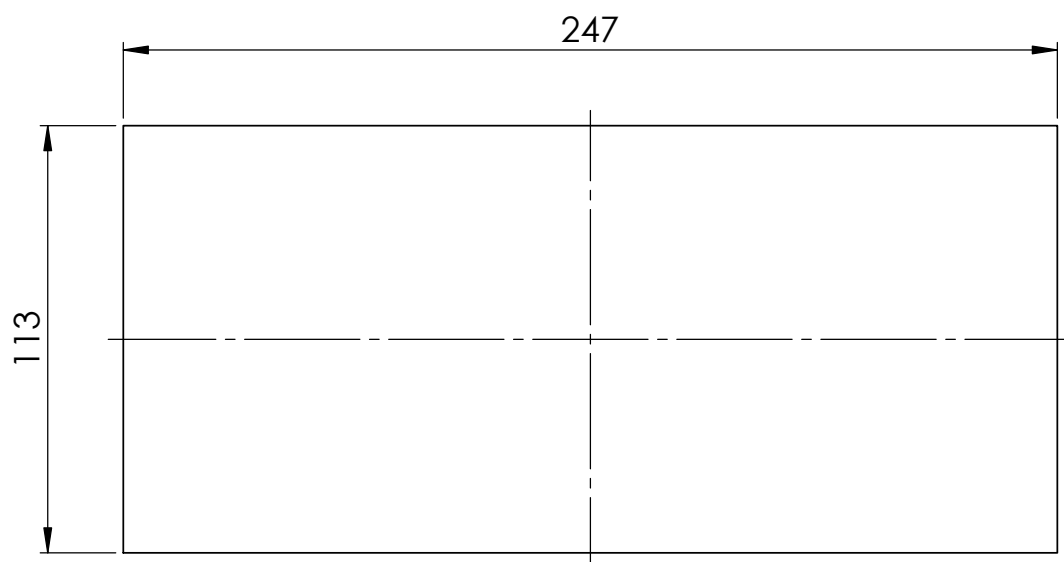
VAADE A-A




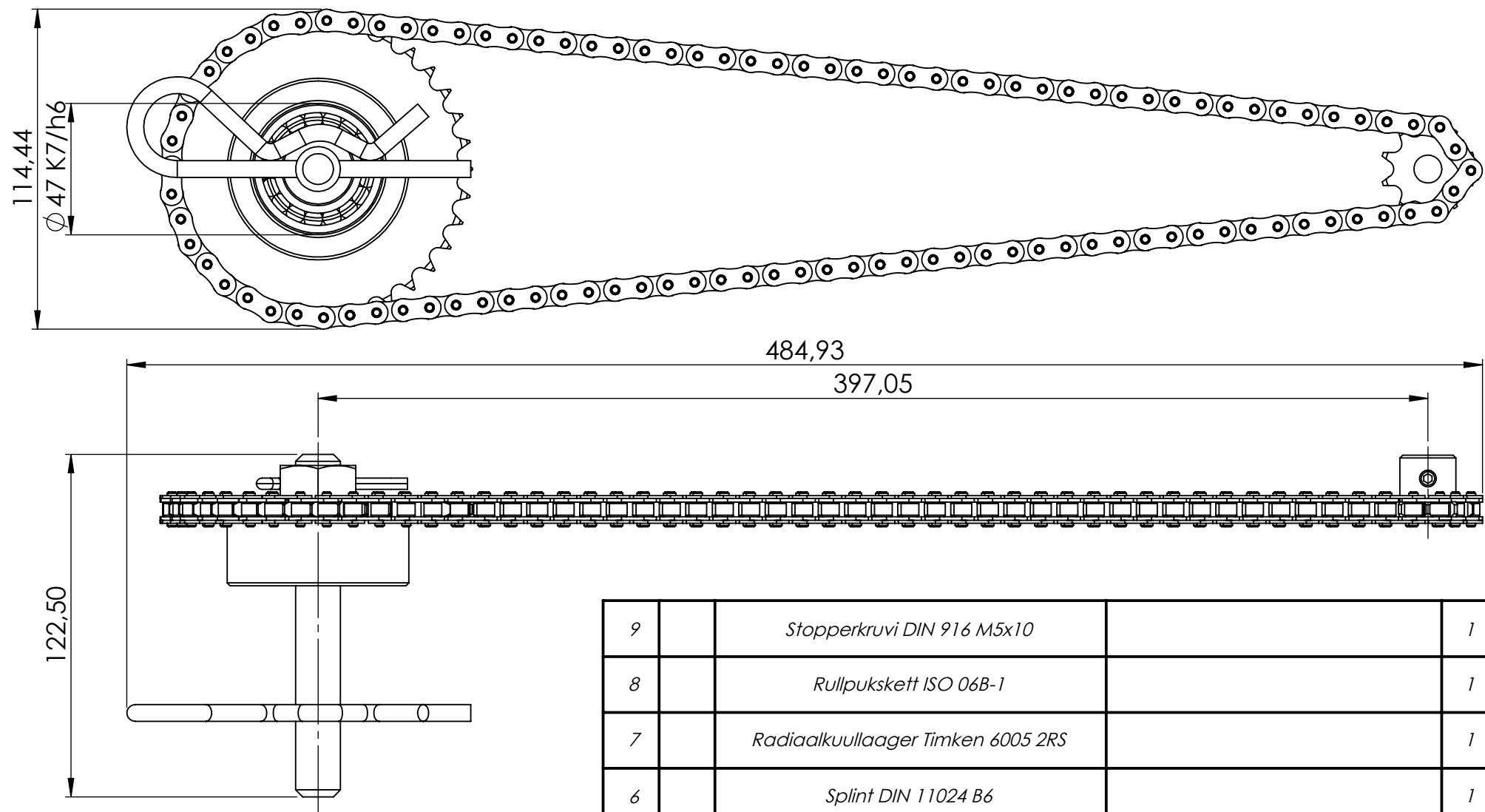
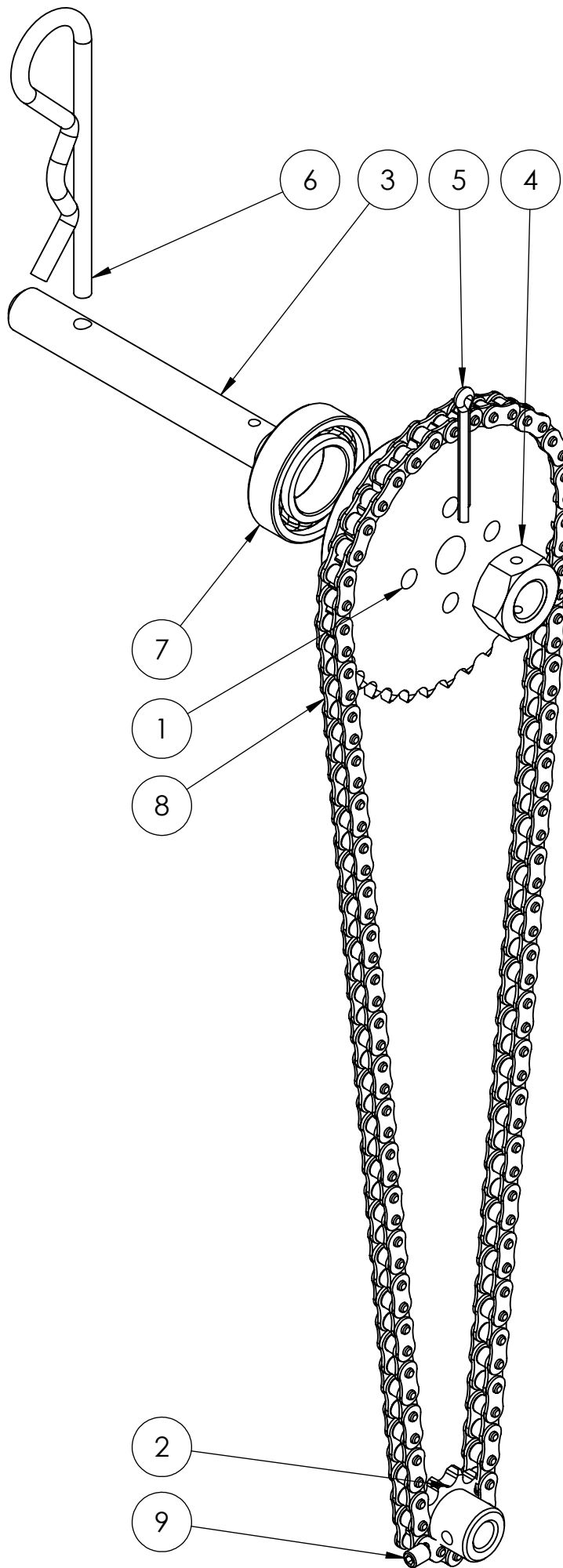
	Materjal: Akrüül	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,18 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi korpuse plaat 3		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 02 03 D	



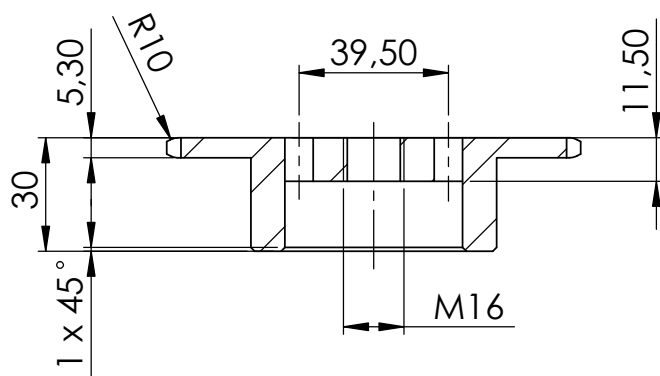
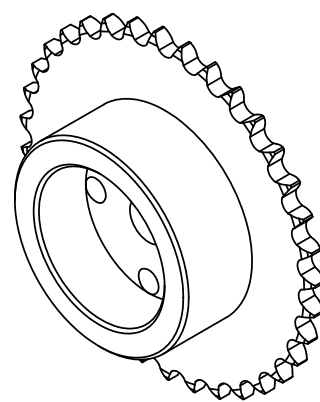
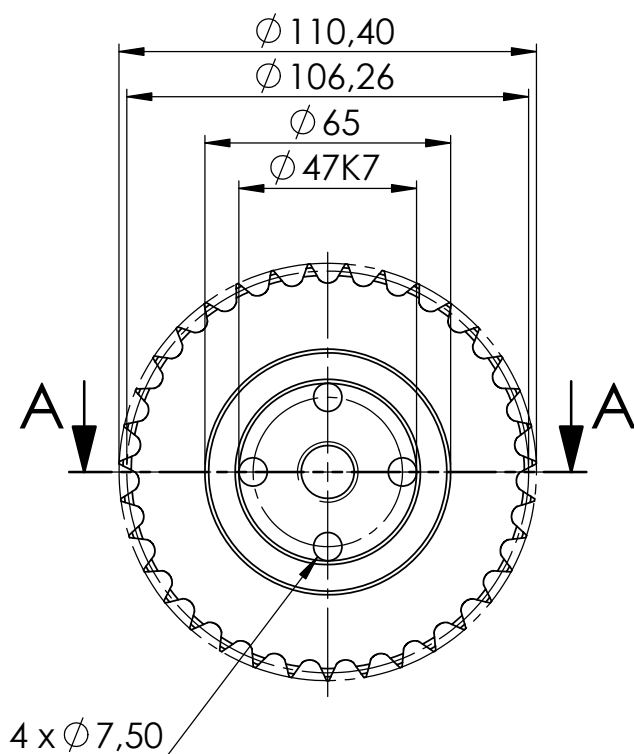
	Materjal: Akrüül	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,179 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi korpuse plaat 4		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 02 04 D	



	Materjal: Akrüül		Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,168 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi korpuse plaat 5			
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 02 05 D		

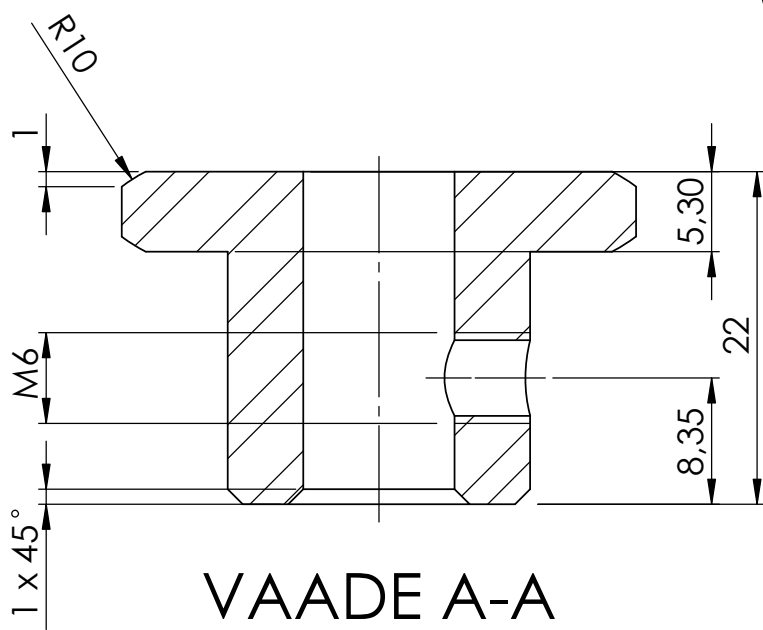
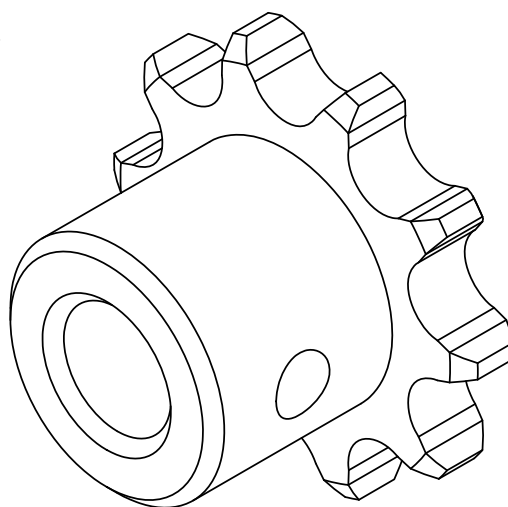
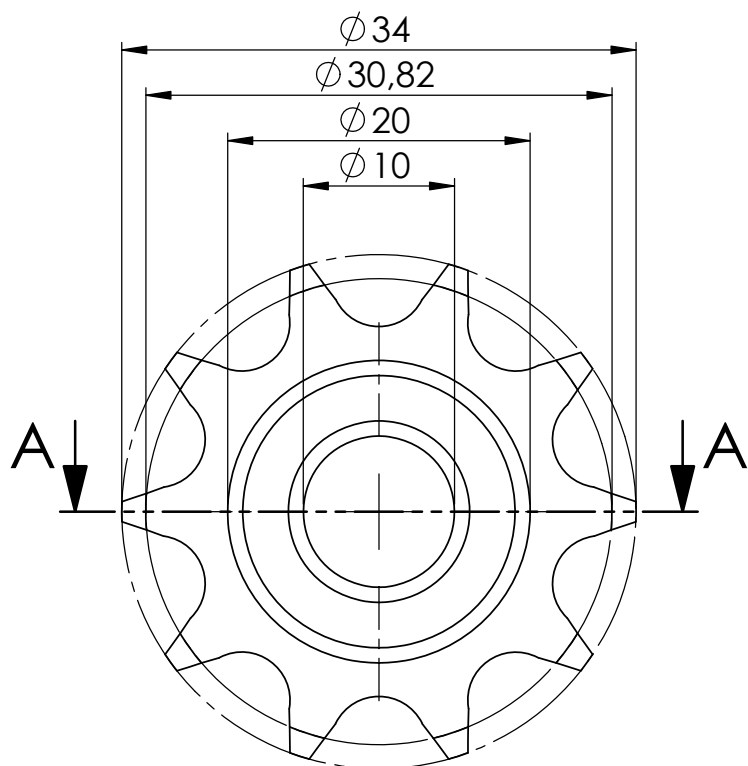


9		Stopperkruvi DIN 916 M5x10		1	
8		Rullpukskett ISO 06B-1		1	
7		Radiaalkuullaager Timken 6005 2RS		1	
6		Splint DIN 11024 B6		1	
5		Splint DIN 94 4x50		1	
4		DIN 6915 M16 mutter splindi avaga	TN 18/140443 G 03 04 D	1	
3		Otsakeermega völl	TN 18/140443 G 03 03 D	1	
2		ISO 06B-1 Z10 rummuga ketiratas stopperkruvi keermega	TN 18/140443 G 03 02 D	1	
1		ISO 06B-1 Z35 rummuga ketiratas laagripesaga	TN 18/140443 G 03 01 D	1	
Osa	Väli	Nimetuse, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhälbed: ISO 2768	Mass: 1,509 kg	Mööd: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Kettülekande koost			
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 03 00 K		



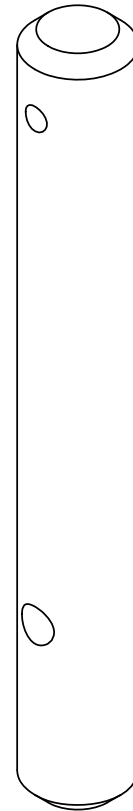
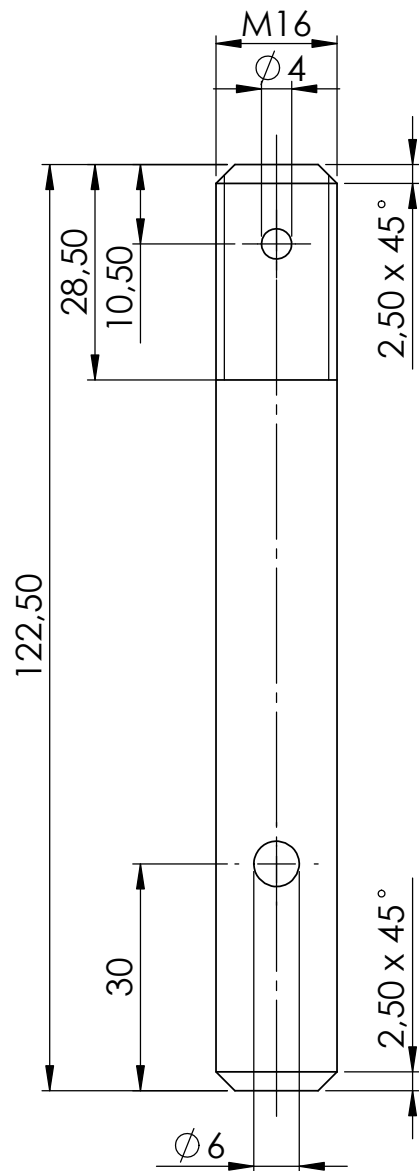
VAADE A-A

	Materjal: Teras C45 E	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,695 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: ISO 06B-1 Z35 rummuga ketiratas laagripesaga		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 03 01 D	

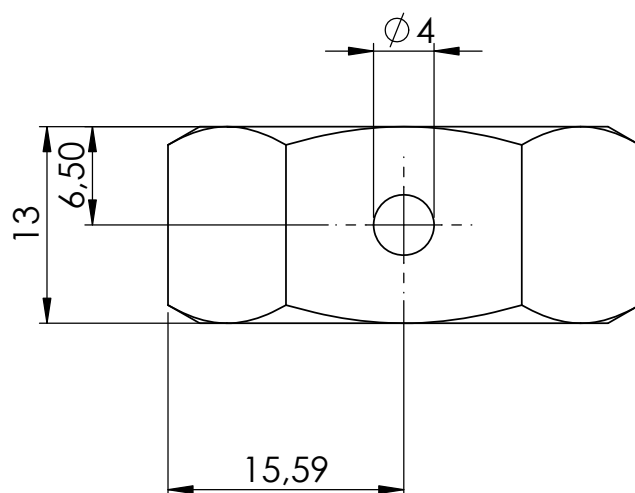
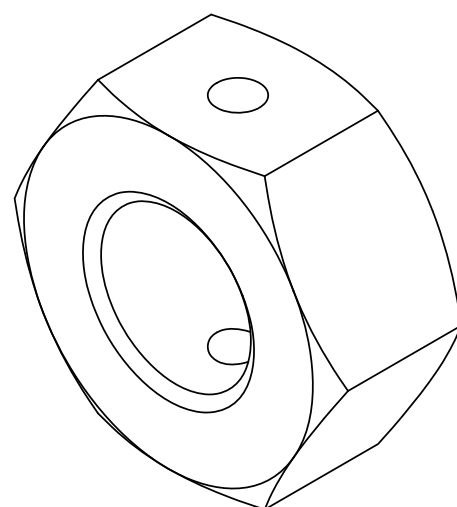
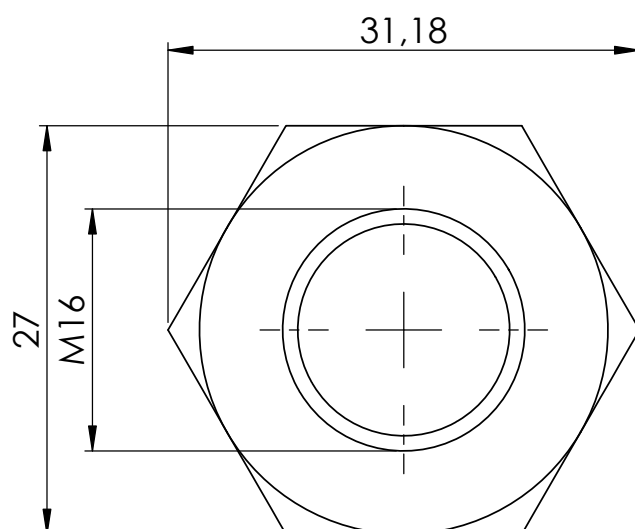


VAADE A-A

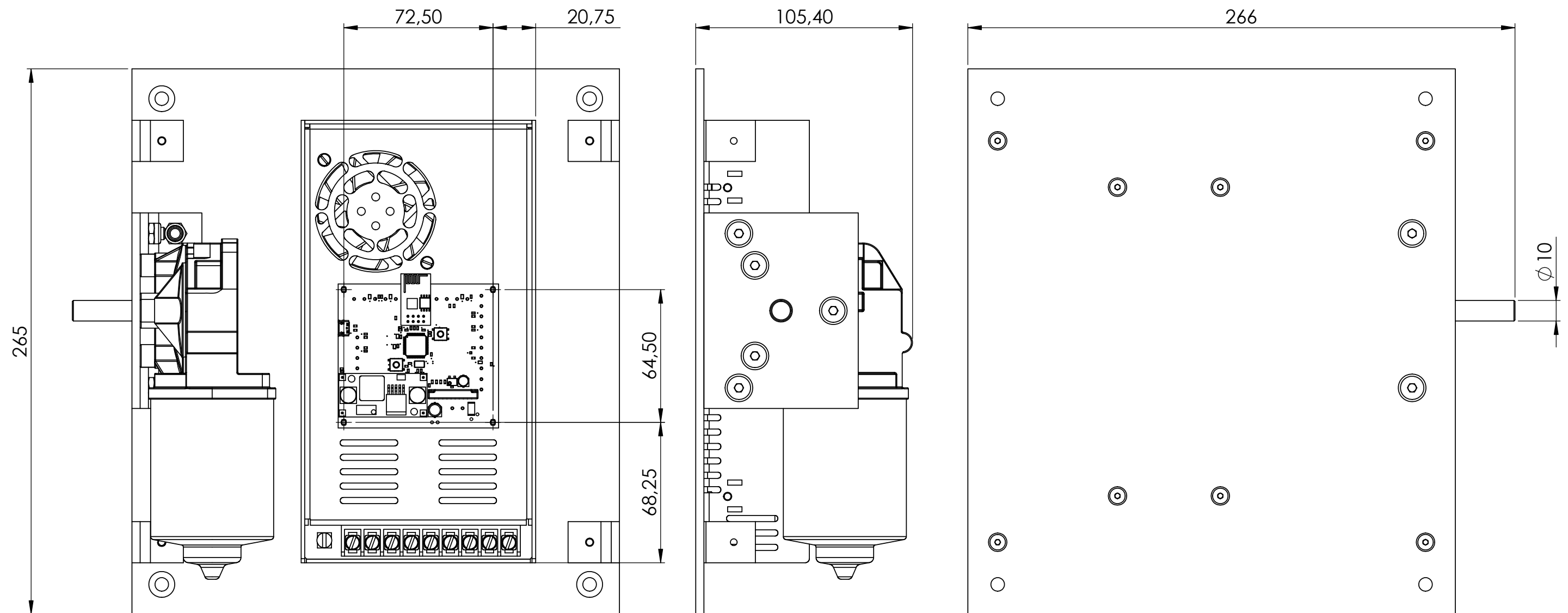
	Materjal: Teras C45 E	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,051 kg	Mõõt: 2:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: ISO 06B-1 Z10 rummuga ketiratas stopperkrui vi keermega		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 03 02 D	



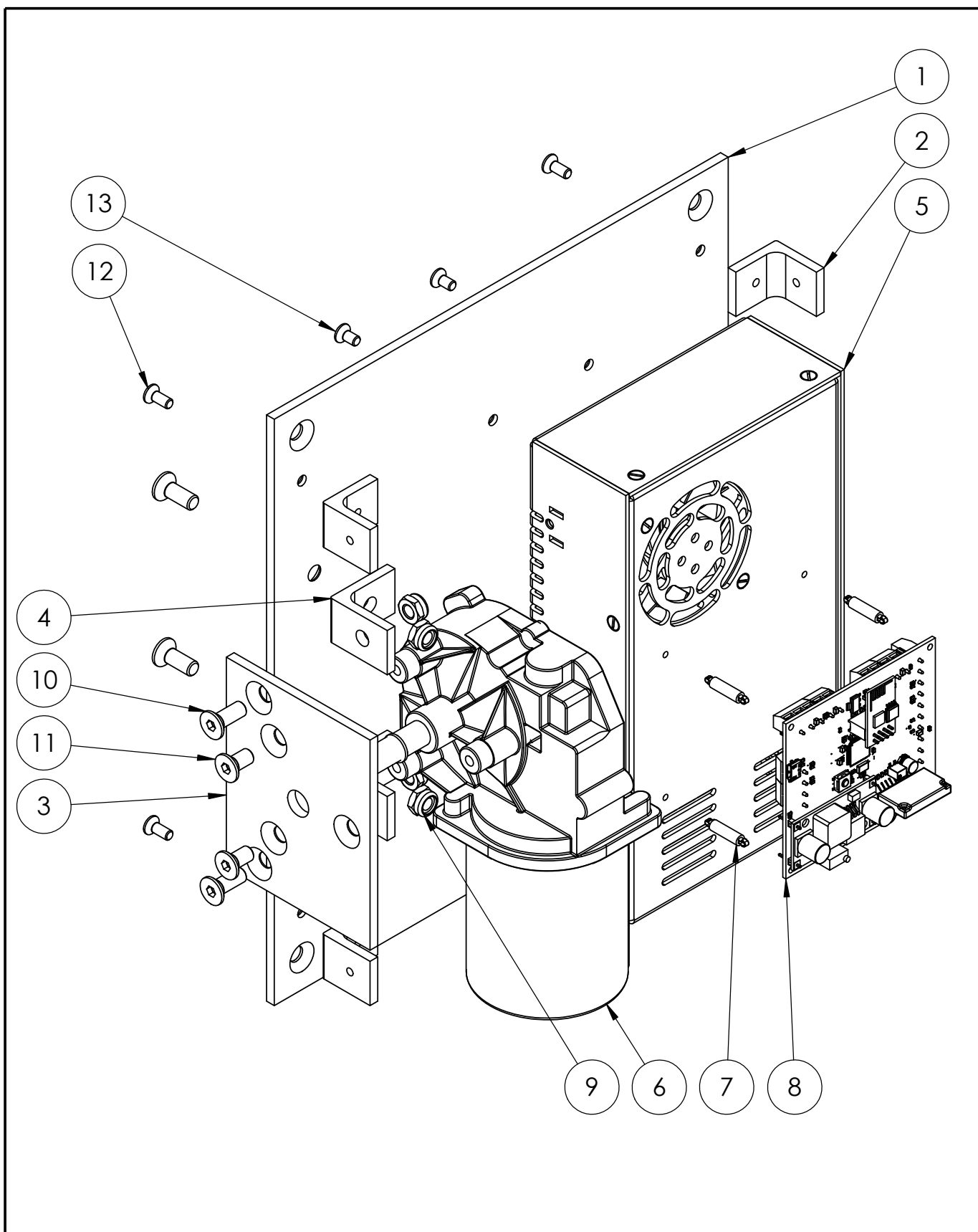
	Materjal: Teras	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,183 kg	Mõõt: 1:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Otsakeermega võll		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 03 03 D	



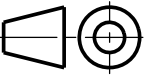
	Materjal: Teras	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,046 kg	Mõõt: 2:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: DIN 6915 M16 mutter splindi avaga		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 03 04 D	

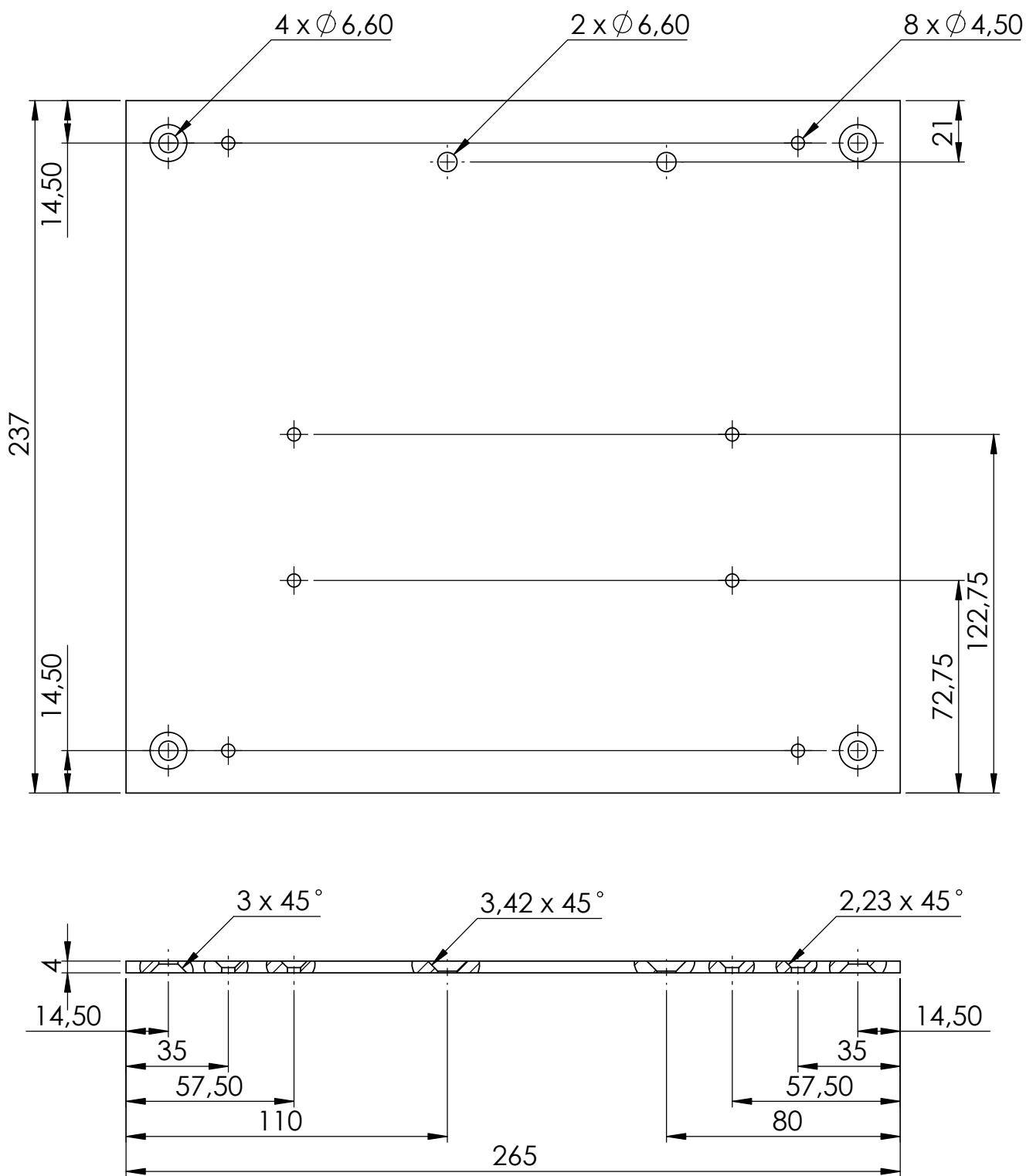


	Materjal:		Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 4,474 kg	Mõõt: 1:2
	Teostas	Aivo Guske	Peasüsteemi alusplaadi koost		
	Kontrollis	Janar Kalder			
	Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/3	Tähis: TN 18/140443 G 04 00 K		

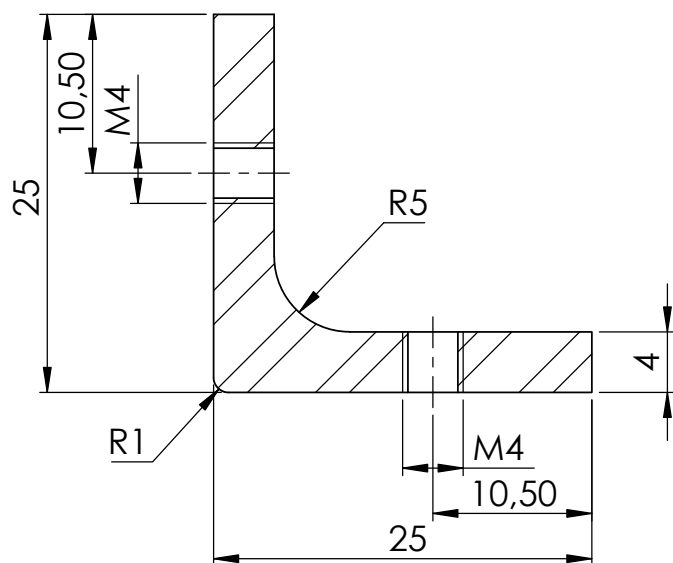


	Materjal:	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 4,474 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi alusplaadi koost		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 2/3	Tähis: TN 18/140443 G 04 00 K	

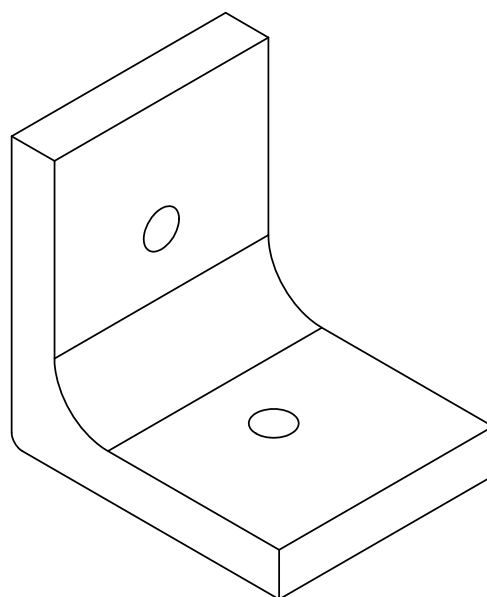
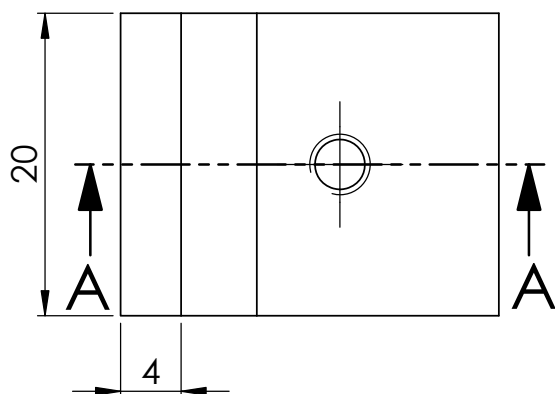
13		Peitpeakuuskantkruvi DIN 7991 M4x8		4	
12		Peitpeakuuskantkruvi DIN 7991 M4x10		4	
11		Peitpeakuuskantkruvi DIN 7991 M6x12		3	
10		Peitpeakuuskantkruvi DIN 7991 M6x16		4	
9		Mutter DIN 985 M6		4	
8		Plastiklõks Fix&Fasten FIX-MADA-14		4	
7		Peasüsteemi trükkplaat		1	
6		Tigureduktormootor SWF Valeo Nidec ITT 404.854		1	
5		Toiteplokk S-360-24		1	
4		Tigureduktormootori plaadi kinnitus	TN 18/140443 G 04 04 D	2	
3		Tigureduktormootori plaat	TN 18/140443 G 04 03 D	1	
2		Peasüsteemi korpuse kinnitus	TN 18/140443 G 04 02 D	4	
1		Peasüsteemi alusplaat	TN 18/140443 G 04 01 D	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 4,474 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi alusplaadi koost			
Kontrollis	Janar Kalder				
Kinnitas	Janar Kalder				
EMÜ TS-TN		Leht: 3/3	Tähis: TN 18/140443 G 04 00 K		



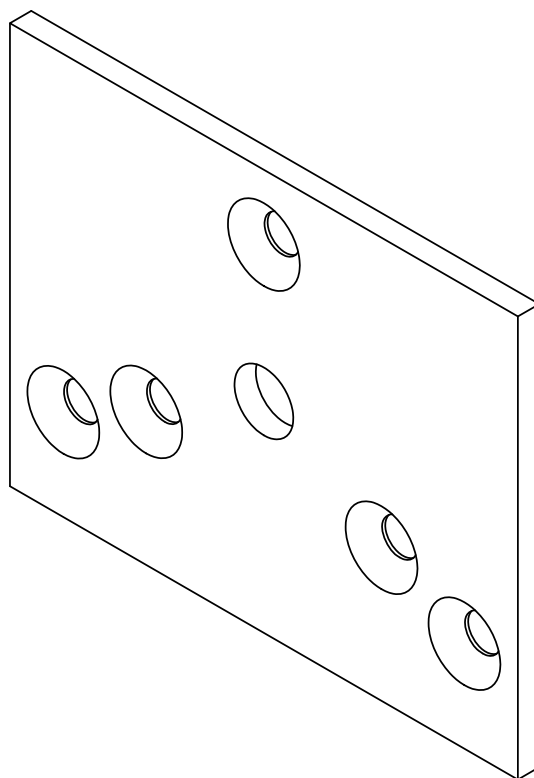
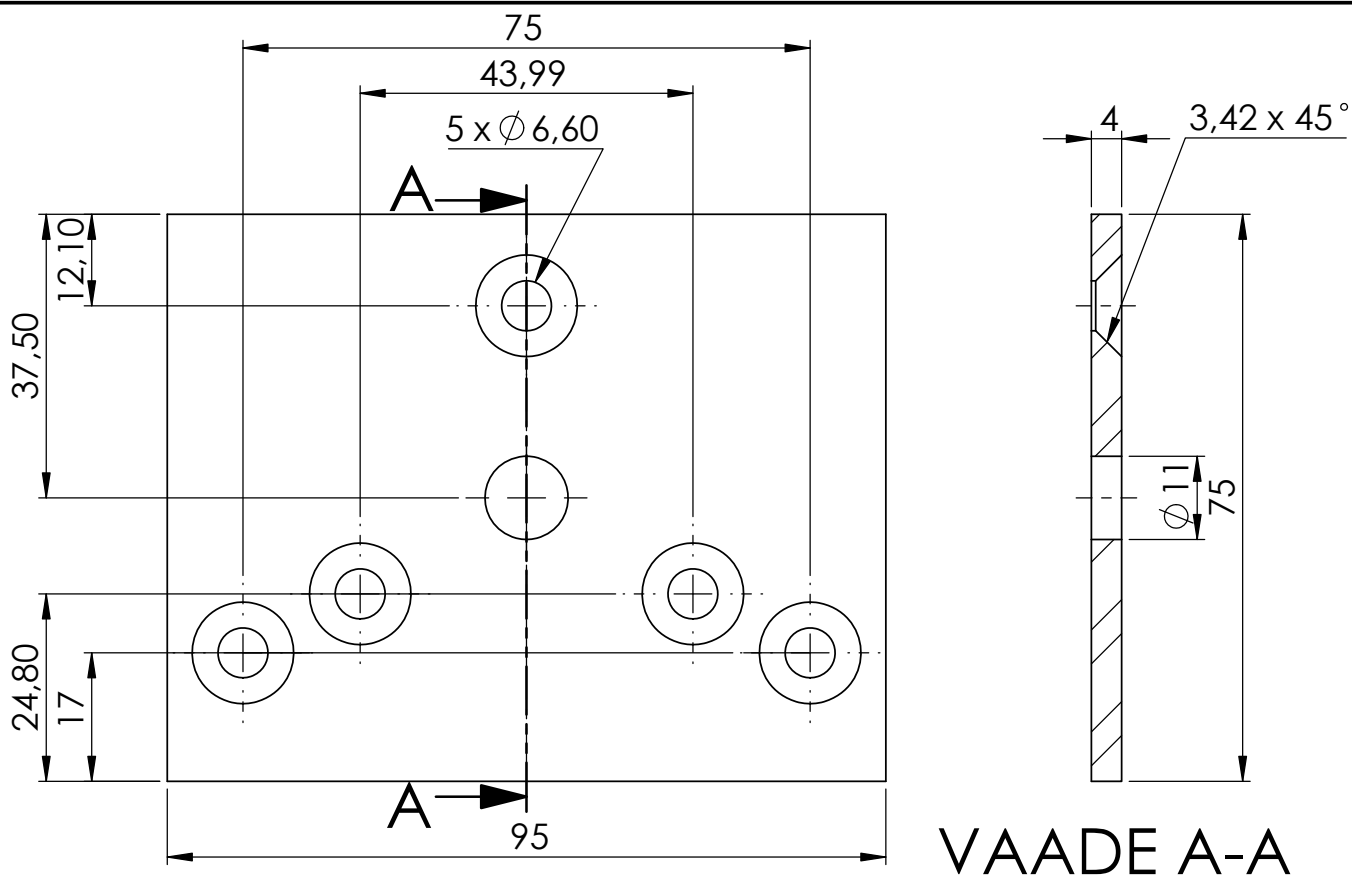
	Materjal: Teras	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 1,957 kg	Mõõt: 1:2
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi alusplaat		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 04 01 D	



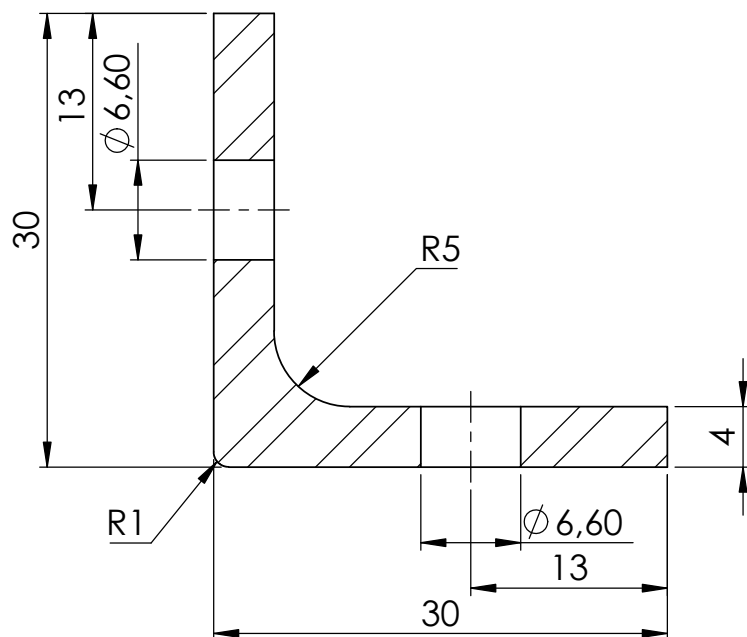
VAADE A-A



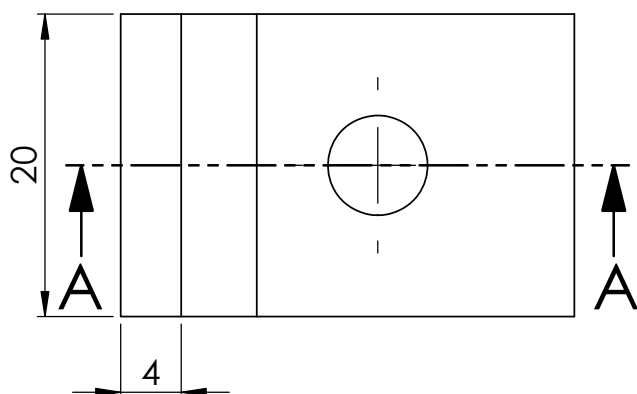
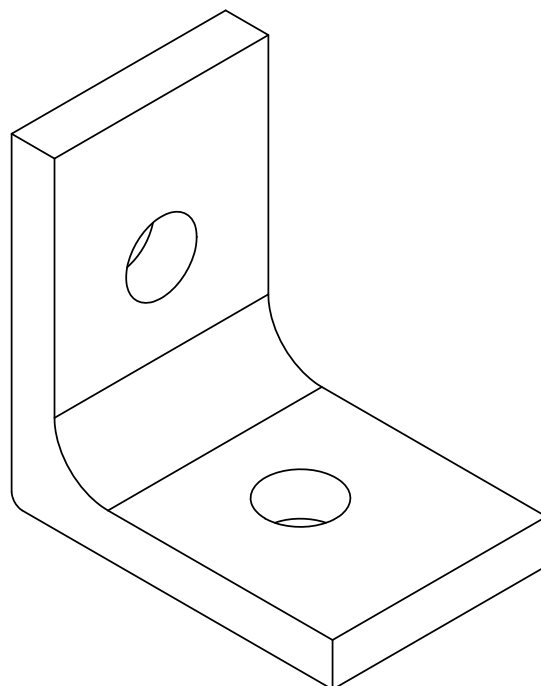
	Materjal: Teras	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,029 kg	Mõõt: 2:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Peasüsteemi korpuse kinnitus		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 04 02 D	



	Materjal: Teras	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,21 kg	Mõõt: 1:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Tigureduktormootori plaat		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 04 03 D	



VAADE A-A



	Materjal: Teras	Näitamata piirhálbed: ISO 2768	Mass: 0,034 kg	Mõõt: 2:1
Teostas	Aivo Guske	Nimetus: Tigureduktormootori plaadi kinnitus		
Kontrollis	Janar Kalder			
Kinnitas	Janar Kalder			
EMÜ TS-TN		Leht: 1/1	Tähis: TN 18/140443 G 04 04 D	

Lisa H. Peasüsteemi programmikood

```

#define F_CPU 2000000UL//Kompilaatorile öeldakse mikrokontrolleri taktsagedus
#include <avr/io.h>//AVR sisend-väljund definitsioonid
#include <util/delay.h>//Ajaviite funktsiooni kasutamiseks
#include <string.h>//Sõnade võrdlusfunktsiooni kasutamiseks
#include <avr/interrupt.h>//Katkestuste kasutamiseks

unsigned int Counter;//Muutuja DC mootori sujuvaks kiirendamiseks ja aeglustamiseks
unsigned char EEPROM_Passcode, UART_Data;//Muutujad EEPROMist loetud parooli ja UARTist loetud
andmete talletamiseks

void UART_Initialize(unsigned int Baud)
{
    UBRR1H=(unsigned char)(Baud>>8);//12-bitine register andmeedastuskiiruse seadmiseks. 4 vasakpoolset
    bitti siia
    UBRR1L=(unsigned char)Baud; //8 parempoolset bitti siia
    UCSR1B|=((1<<TXEN1)|(1<<RXEN1));//Saatja ja vastuvõtja käivitamine
    UCSR1C|=((1<<USBS1)|(1<<UCSZ11)|(1<<UCSZ10));//Andmeformaadi määramine: 2 Stop bitti, 8 bitti
    andmeid
    UCSR1B|=(1<<RXCIE1);//Vastuvõtja katkestuse lubamine
}

void Pin_Initialize()
{
    DDRD|=((1<<DDD0)|(1<<DDD4)|(1<<DDD5));//PD0, PD4 ja PD5 väljundiks
    DDRB|=(1<<DDB6);//PB6 väljundiks
    PORTD|=((1<<PD4)|(1<<PD5));//Viigud PD4 ja PD5 kõrgseisu
    DDRD&=~((1<<DDD6)|~(1<<DDD7));//PD6 ja PD7 sisendiks
    DDRB&=~((1<<DDB0)|~(1<<DDB1)|~(1<<DDB2)|~(1<<DDB3)|~(1<<DDB4));//PB0, PB1, PB2, PB3
    ja PB4 sisendiks
    PORTD|=((1<<PD6)|(1<<PD7));//PD6 ja PD7 pull-up takistid aktiivseks
    PORTB|=((1<<PB0)|(1<<PB1)|(1<<PB2)|(1<<PB3)|(1<<PB4));//PB0, PB1, PB2, PB3 ja PB4 pull-up
    takistid aktiivseks
}

void ADC_Initialize()
{
    ADMUX|=(1<<REFS0);//Võrdluspinge 5V ja väline kondensaator AREF viigu küljes
    ADCSRA|=((1<<ADEN)|(1<<ADPS2)|(1<<ADPS1)|(1<<ADPS0)|(1<<ADATE));//ADC lubamine,
    sagedusjagur 128, ADC kasutamine Free Running režiimis
    ADCSRA|=(1<<ADSC);//ADC käivitamine
}

void Servo_PWM_Initialize()
{
    ICR1=39999;//Taimeri suurim väärtus=Mikrokontrolleri taktsagedus/Servomootori PWM signaali
    sagedus-1: 2MHz/50Hz-1=39999
    OCR1B=38550;//Servomootori seadmine algspositsiooni(2ms: 39999-2000=36999) ehk garaaüiuks
    lukustatakse
    TCCR1A|=((1<<WGM11)|(1<<COM1B1)|(1<<COM1B0));//Inverted PWM" režiim, kus taimeri alguses
    on PWM signaal madal ning kõrge alates sellest hetkest, kui taimeri väärtus on võrdne OCR1B registris
    oleva arvu väärtusega. Läheb uuesti madalaks, kui saavutatakse taimeri suurim väärtus
    TCCR1B|=((1<<WGM13)|(1<<WGM12)|(1<<CS10));//Fast PWM", kus taimeri suurim väärtus asub
    registris ICR1 ning sagedusjagurit ei kasutata
}

void DC_PWM_Initialize()
{
    OCR0B=255;//Veendutakse, et DC mootor oleks seiskunud. Kuna antud juhul on OCR0B registri väärtus
    võrdne taimeri suurima väärtusega, siis on OCR0B väljund alati madalseisus ehk DC mootor seisab
}

```

Lisa H järg

TCCR0A|=((1<<COM0B0)|(1<<COM0B1)|(1<<WGM00));/*"Phase Correct PWM", kus OC0B viik seatakse kõrgeks, kui taimer saavutab ülesloendamisel OCR0B registris oleva arvu väärtuse ning madalaks, kui allaloendamisel saavutatakse sama arvu väärtus

TCCR0B|=(1<<CS00);/*Sagedusjagurit ei kasutata

void EEPROM_Write(unsigned int Address,unsigned char Data)

```
{
    while(EECR&(1<<EEPE));/*Oodatakse, kuni eelmine operatsioon lõpule jõuab
    EEAR=Address;/*Aadressi registri seadistamine
    EEDR=Data;/*Andmete registri seadistamine
    EECR|=(1<<EEMPE);/*EEMPE biti seadmine kõrgeks määrab ära, et EEPE biti kõrgseisu viimisel
    kirjutatakse andmed EEPROMi
    EECR|=(1<<EEPE);/*Andmed kirjutatakse EEPROMi
}
```

unsigned char EEPROM_Read(unsigned int Address)

```
{
    while(EECR&(1<<EEPE));/*Oodatakse, kuni eelmine operatsioon lõpule jõuab
    EEAR=Address;/*Aadressi registri seadistamine
    EECR|=(1<<EERE);/*Andmed loetakse EEPROMist
    return EEDR;/*EEPROMist loetud andmete tagastamine
}
```

void UART_Transmit(unsigned char Data)

```
{
    while(!(UCSR1A&(1<<UDRE1)));/*Oodatakse, kuni andmeedastuspuhver on tühi
    UDR1=Data;/*Andmed sisestatakse andmeedastuspuhvrisse ning saadetakse välja
}
```

void DC_Speed(char *Direction)

```
{
    /*Kui soovitakse DC mootori kiirust suurendada, vähendatakse OCR0B registris oleva arvu väärtust.
    Juhul kui OCR0B registris oleva arvu väärtus on juba 0, siis kirjutatakse see uuesti üle.
    Seeläbi ei teki olukorda, kus mootor töötab maksimaalsel kiirusel ja siis äkitselt jääb seisma.
    Suurenemine toimub iga kord kui Counter väärtus saab 50ks*/
    if(strcmp(Direction,"increase")==0)
    {
        if(Counter==50)
        {
            if(OCR0B==0)
            {
                OCR0B=0;
            }
            else
            {
                OCR0B--;
            }
            Counter=0;
        }
        else
        {
            Counter+=1;
        }
    }
    /*Kui soovitakse DC mootori kiirust vähendada, suurendatakse OCR0B registris oleva arvu väärtust.
    Juhul kui OCR0B registris oleva arvu väärtus on juba 255, siis kirjutatakse see uuesti üle.
```


Lisa H järg

Seeläbi ei teki olukorda, kus mootor jääb seisma ja siis äkitselt hakkab uuesti tööle.
Väheneimine toimub iga kord kui Counter väärtus saab 50ks*/

```
else if(strcmp(Direction,"decrease")==0)
{
    if(Counter==50)
    {
        if(OCR0B==255)
        {
            OCR0B=255;
        }
        else
        {
            OCR0B++;
        }
        Counter=0;
    }
    else
    {
        Counter+=1;
    }
}
}

int main(void)
{
    unsigned int
    Switch_Open=1,Switch_Close=1,Limit_Switch_Open=1,Limit_Switch_Close=1,WIFI_Open=1,WIFI_Close
    =1,DC_Fault=1;//Muutujad sisendviikude seisude talletamiseks
    unsigned int ADC_Result;//Muutuja ADC tulemuse talletamiseks
    Pin_Initialize();//Viikude initsialiseerimine
    Servo_PWM_Initialize();//Servo PWM initsialiseerimine
    DC_PWM_Initialize();//DC mootori PWM initsialiseerimine
    UART_Initialize(103);//UARTi initsialiseerimine, Baud=9600bit/s (16MHz/(16*9600)-1)
    ADC_Initialize();//ADC initsialiseerimine
    _delay_ms(1000);//Ajaviide 1 sekund
    sei();//Katkestuste lubamine
    EEPROM_Passcode=EEPROM_Read(30);//Loetakse parool EEPROMi aadressilt 30 ja talletatakse see
    muutujasse
    Limit_Switch_Open=EEPROM_Read(40);//Loetakse avatud asendi piirlüliti viimane olek EEPROMi
    aadressilt 40 ja talletatakse see muutujasse
    Limit_Switch_Close=EEPROM_Read(50);//Loetakse suletud asendi piirlüliti viimane olek EEPROMi
    aadressilt 50 ja talletatakse see muutujasse
    while(1)
    {
        Switch_Open=PIND&(1<<PD7);//Sisendviikude seisude lugemine ja muutujatesse talletamine
        Switch_Close=PIND&(1<<PD6);
        WIFI_Open=PINB&(1<<PB4);
        WIFI_Close=PINB&(1<<PB0);
        ADC_Result=ADC;//Loetakse ADC tulemus ja talletatakse see muutujasse

        if((Switch_Close==0||WIFI_Close==0||UART_Data==0x3F)&&Limit_Switch_Close!=0&&ADC_Result<3
        52)//Kui vajutati sulgemisnupule, suletud asendi piirlüliti polnud aktiveeritud ja infrapuna kaugusandur ei
        tuvastanud takistust
        {
            while(Switch_Close==0||WIFI_Close==0)//Loetakse sisendviikude seisusid ning oodatakse niikaua,
            kuni sulgemisnupp vabastatakse
            {
```

Lisa H järg

```
Switch_Close=PIND&(1<<PD6);
WIFI_Close=PINB&(1<<PB0);
}
UART_Data=0;//UARTist tulnud andmete muutuja väärtuse nullimine
OCR1B=38100;//Kontrollitakse, et servomootor oleks avatud olekus ehk garaaüiuks ei oleks lukus
_delay_ms(1000);//Sekundiline viide
PORTD|=(1<<PD5);//DC mootori suuna määramine
PORTD&=~(1<<PD4);
Limit_Switch_Open=1;//Avatud asendi piirlüliti ei ole enam aktiveeritud
EEPROM_Write(40,Limit_Switch_Open);//Kirjutatakse avatud asendi piirlüliti viimane olek
EEPROMi aadressile 40

while(Limit_Switch_Close!=0&&DC_Fault!=0&&Switch_Close!=0&&WIFI_Close!=0&&UART_Data!=
0x3F&&ADC_Result<353)//Loetakse sisendviikude seisusid ning oodatakse niikaua, kuni vajutatakse uuesti
sulgemisnupule, suletud asendi piirlüliti aktiveerub, mootori draiver veaolukorra edastab ja kui infrapuna
kaugusandur tuvastab takistuse
{
    OCR1B=38100;//Kontrollitakse, et servomootor oleks avatud olekus ehk garaaüiuks ei oleks lukus
    DC_Speed("increase");//Suurendatakse DC mootori kiirust
    Limit_Switch_Close=PINB&(1<<PB1);
    DC_Fault=PINB&(1<<PB3);
    Switch_Close=PIND&(1<<PD6);
    WIFI_Close=PINB&(1<<PB0);
    ADC_Result=ADC;
}
while(Switch_Close==0||WIFI_Close==0)//Loetakse sisendviikude seisusid ning oodatakse niikaua,
kuni sulgemisnupp vabastatakse
{
    Switch_Close=PIND&(1<<PD6);
    WIFI_Close=PINB&(1<<PB0);
}
while(OCR0B!=255)//Oodatakse niikaua, kuni DC mootor on seisma jäänud
{
    DC_Speed("decrease");//Vähendatakse DC mootori kiirust
}
if(Limit_Switch_Close==0)//Kui suletud asendi piirlüliti aktiveerus
{
    _delay_ms(1000);//Sekundiline viide
    OCR1B=38550;//Servomootoriga garaaüiukse lukustamine
    EEPROM_Write(50,Limit_Switch_Close);//Kirjutatakse suletud asendi piirlüliti viimane olek
    EEPROMi aadressile 50
}

}
else if((Switch_Open==0||WIFI_Open==0||UART_Data==0x30)&&Limit_Switch_Open!=0)//Kui
vajutati avamismnupule ja avatud asendi piirlüliti polnud aktiveeritud
{
    while(Switch_Open==0||WIFI_Open==0)//Loetakse sisendviikude seisusid ning oodatakse niikaua,
kuni avamismnupp vabastatakse
    {
        Switch_Open=PIND&(1<<PD7);
        WIFI_Open=PINB&(1<<PB4);
    }
    UART_Data=0;//UARTist tulnud andmete muutuja väärtuse nullimine
    OCR1B=38100;//Kontrollitakse, et servomootor oleks avatud olekus ehk garaaüiuks ei oleks lukus
    _delay_ms(1000);//Sekundiline viide
    PORTD&=~(1<<PD5);//DC mootori suuna määramine
```

Lisa H järg

```
PORTD|=(1<<PD4);
Limit_Switch_Close=1;//Suletud asendi piirlüliti ei ole enam aktiveeritud
EEPROM_Write(50,Limit_Switch_Close);//Kirjutatakse suleud asendi piirlüliti viimane olek
EEPROMi aadressile 50

while(Limit_Switch_Open!=0&&DC_Fault!=0&&Switch_Open!=0&&WIFI_Open!=0&&UART_Data!=0
x30)//Loetakse sisendviikude seisusid ning oodatakse niikaua, kuni vajutatakse uuesti avamisinupule, avatud
asendi piirlüliti aktiveerub ja kui mootori draiver veaolukorra edastab
{
    OCR1B=38100;//Kontrollitakse, et servomootor oleks avatud olekus ehk garaaüiuks ei oleks lukus
    DC_Speed("increase");//Suurendatakse DC mootori kiirust
    Limit_Switch_Open=PINB&(1<<PB2);
    DC_Fault=PINB&(1<<PB3);
    Switch_Open=PIND&(1<<PD7);
    WIFI_Open=PINB&(1<<PB4);
}
while(Switch_Open==0||WIFI_Open==0)//Loetakse sisendviikude seisusid ning oodatakse niikaua,
kuni avamisinupp vabastatakse
{
    Switch_Open=PIND&(1<<PD7);
    WIFI_Open=PINB&(1<<PB4);
}
while(OCR0B!=255)//Oodatakse niikaua, kuni DC mootor on seisma jäänud
{
    DC_Speed("decrease");//Vähendatakse DC mootori kiirust
}
if(Limit_Switch_Open==0)//Kui avatud asendi piirlüliti aktiveerus
{
    EEPROM_Write(40,Limit_Switch_Open);//Kirjutatakse avatud asendi piirlüliti viimane olek
EEPROMi aadressile 40
}
}
UART_Data=0;//UARTist tulnud andmete muutuja väärtuse nullimine
PORTD|=((1<<PD4)|(1<<PD5));//Viigud PD4 ja PD5 kõrgseisu, millega lülitatakse mootori draiveri
maanduse poolseid kaks MOSFETi sisse
}
}

ISR(USART1_RX_vect)
{
    UART_Data=UDR1;//UARTi puhvrist andmete lugemine ja muutujasse talletamine
    if((UART_Data&0x80)==0x80&&(UART_Data&0x40)==0x00)//Kui UARTist tulnud andmetes oli 7.
bitt madal ja 8. bitt kõrge, siis sisestas kasutaja parooli
    {
        UART_Data=(UART_Data&0x7F);//8. bitt viiakse nulliks
        if(UART_Data==EEPROM_Passcode)//Kui kasutaja sisestatud parool oli sama mis EEPROMist loetud
parool
        {
            UART_Transmit(0x0C);//Antakse juhtpaneelile teada, et parool oli õige
        }
        else if(UART_Data!=EEPROM_Passcode)//Kui kasutaja sisestatud parool ei olnud sama mis
EEPROMist loetud parool
        {
            UART_Transmit(0x0F);//Antakse juhtpaneelile teada, et parool oli vale
        }
    }
}
```

Lisa H järg

```
else if((UART_Data&0x40)==0x40&&(UART_Data&0x80)==0x00)//Kui UARTist tulnud andmetes oli
7. bitt kõrge ja 8. bitt madal, siis soovis kasutaja parooli muuta
{
    EEPROM_Passcode=(UART_Data&0xBF);//7. bitt viiakse nulliks
    EEPROM_Write(30,EEPROM_Passcode);//Uus parool kirjutatakse EEPROMi aadressile 30
}
}
```

Lisa I. Juhtpaneeli programmikood

```

#define F_CPU 2000000UL//Kompilaatorile öeldakse mikrokontrolleri taktsagedus
#include <avr/io.h>//AVR sisend-väljund definitsioonid
#include <util/delay.h>//Ajaviite funktsiooni kasutamiseks
#include <stdlib.h>//itoa funktsiooni kasutamiseks

void UART_Initialize(unsigned int Baud)
{
    UBRR1H|=(unsigned char)(Baud>>8);//12-bitine register andmeedastuskiiruse seadmiseks. 4
    UBRR1L|=(unsigned char)Baud;//8 parempoolset bitti siia
    UCSR1C|=((1<<USBS1)|(1<<UCS11)|(1<<UCS10));//Andmete formaadi määramine: 2 Stop bitti, 8
    bitti andmeid
}

void Pin_Initialize(void)
{
    DDRB|=((1<<DDB0)|(1<<DDB1)|(1<<DDB3)|(1<<DDB2)|(1<<DDB5));//PB0, PB1, PB3, PB2 ja PB5
    väljundiks
    DDRC|=((1<<DDC7)|(1<<DDC6));//PC7 ja PC6 väljundiks
    DDRD|=((1<<DDD4)|(1<<DDD5)|(1<<DDD7));//PD4, PD5 ja PD7 väljundiks
    DDRB&=~(1<<DDB4)|~(1<<DDB6);//PB4 ja PB6 sisendiks
    DDRD&=~(1<<DDD6);//PD6 sisendiks
    PORTB|=((1<<PB4)|(1<<PB6));//PB4 ja PB6 pull-up takistid aktiivseks
    PORTD|=(1<<PD6);//PD6 pull-up takistid aktiivseks
}

void EEPROM_Write(unsigned int Address,unsigned char Data)
{
    while(EECR&(1<<EEPE));//Oodatakse, kuni eelmine operatsioon lõpule jõuab
    EEAR=Address;//Aadressi registri seadistamine
    EEDR=Data;//Andmete registri seadistamine
    EECR|=(1<<EEMPE);//EEMPE biti seadmine kõrgeks määrab ära, et EEPE biti kõrgseisu viimisel
    kirjutatakse andmed EEPROMi
    EECR|=(1<<EEPE);//Andmed kirjutatakse EEPROMi
}

unsigned char EEPROM_Read(unsigned int Address)
{
    while(EECR&(1<<EEPE));//Oodatakse, kuni eelmine operatsioon lõpule jõuab
    EEAR=Address;//Aadressi registri seadistamine
    EECR|=(1<<EERE);//Andmed loetakse EEPROMist
    return EEDR;//EEPROMist loetud andmete tagastamine
}

void UART_Transmit(unsigned char Data)
{
    while(!(UCSR1A&(1<<UDRE1)));//Oodatakse, kuni andmeedastuspuhver on tühi
    UDR1=Data;//Andmed sisestatakse andmeedastuspuhvrisse ning saadetakse välja
}

unsigned char UART_Receive(void)
{
    while(!(UCSR1A&(1<<RXC1)));//Oodatakse, kuni puhvrisse on jõudnud andmed
    return UDR1;//Tagastatakse puhvris olevad andmed
}

void UART_Refresh()
{
    UCSR1A=0x00;//Nullime kõik bitid vastavates registrites, edastaja ja vastuvõtja lülitatakse välja
    UCSR1B=0x00;
}

```

Lisa I järg

```
UCSR1B|=((1<<TXEN1)|(1<<RXEN1)); //Edastaja ja vastuvõtja taaskäivitamine
}

void LCD_Command(unsigned char Command)
{
    //Bittide 7-4 saatmine:
    PORTD=(PORTD&0xCF)|(((Command&0x10)|((Command>>1)&0x20)); //Bitioperatsioonide teostamine
    LCD ekraani saadetava 8-bitise arvuga
    PORTB=(PORTB&0xFC)|(((Command>>7)&0x01)|((Command>>4)&0x02)); //Bitioperatsioonide
    teostamine LCD ekraani saadetava 8-bitise arvuga nii
    PORTB&=~(1<<PB3); //RS madalaks, et 8-bitine arv kirjutataks LCD ekraani käsuregistrisse
    PORTB|=(1<<PB2); //E kõrgeks
    _delay_us(1); //Ajaviide 1 mikrosekund
    PORTB&=~(1<<PB2); //E madalaks, toimub andmete saatmine LCD ekraani käsuregistrisse
    _delay_ms(2); //Ajaviide 2 millisekundit
    //Bittide 3-0 saatmine:
    PORTD=(PORTD&0xCF)|(((Command<<3)&0x20)|((Command<<4)&0x10)); //Bitioperatsioonide
    teostamine LCD ekraani saadetava 8-bitise arvuga
    PORTB=(PORTB&0xFC)|(((Command&0x02)|((Command>>3)&0x01)); //Bitioperatsioonide teostamine
    LCD ekraani saadetava 8-bitise arvuga
    PORTB|=(1<<PB2); //E kõrgeks
    _delay_us(1); //Ajaviide 1 mikrosekund
    PORTB&=~(1<<PB2); //E madalaks, toimub andmete saatmine LCD ekraani käsuregistrisse
    _delay_ms(2); //Ajaviide 2 millisekundit
}

void LCD_Character(unsigned char Data)
{
    //Bittide 7-4 saatmine:
    PORTD=(PORTD&0xCF)|(((Data&0x10)|((Data>>1)&0x20)); //Bitioperatsioonide teostamine LCD
    ekraani saadetava 8-bitise arvuga
    PORTB=(PORTB&0xFC)|(((Data>>7)&0x01)|((Data>>4)&0x02)); //Bitioperatsioonide teostamine LCD
    ekraani saadetava 8-bitise arvuga
    PORTB|=(1<<PB3); //RS kõrgeks, et 8-bitine arv kirjutataks LCD ekraani andmeregistrisse
    PORTB|=(1<<PB2); //E kõrgeks
    _delay_us(1); //Ajaviide 1 mikrosekund
    PORTB&=~(1<<PB2); //E madalaks, toimub andmete saatmine LCD ekraani andmeregistrisse
    _delay_ms(2); //Ajaviide 2 millisekundit
    //Bittide 3-0 saatmine:
    PORTD=(PORTD&0xCF)|(((Data<<3)&0x20)|((Data<<4)&0x10)); //Bitioperatsioonide teostamine LCD
    ekraani saadetava 8-bitise arvuga
    PORTB=(PORTB&0xFC)|(((Data&0x02)|((Data>>3)&0x01)); //Bitioperatsioonide teostamine LCD
    ekraani saadetava 8-bitise arvuga
    PORTB|=(1<<PB2); //E kõrgeks
    _delay_us(1); //Ajaviide 1 mikrosekund
    PORTB&=~(1<<PB2); //E madalaks, toimub andmete saatmine LCD ekraani andmeregistrisse
    _delay_ms(2); //Ajaviide 2 millisekundit
}

void LCD_Initialize(void)
{
    LCD_Command(0x28); //4-bitine reüim, 2 displei rida, kuvatava sümboli suurus 5x8
    LCD_Command(0x0C); //Displei tööle ja kursor peidetud
    LCD_Command(0x01); //Displei puhastamine
    LCD_Command(0x14); //Kursor liigub paremale
}
```

Lisa I järg

```
void LCD_String(char *String)
{
    int i;//Muutuja for tsüklile
    for(i=0;String[i]!=0;i++)//Tsükli käitamine niikaua kuni jõutakse sõne lõppu
    {
        LCD_Character(String[i]);//Kirjutatakse sõnes i-ndas sümbol LCD ekraani andmeregistrisse
    }
}

void LCD_String_XY(char Row,char Position,char *String)
{
    if(Row==0&&Position<16)//Kui sooviti kirjutada sõne LCD ekraani 1. reale ning selle sõne soovitud
    algpositsioon oli vahemikus 0-15
    {
        LCD_Command(Position|0x80);//DDRAMile antakse teada, et sõne tuleb kirjutada LCD ekraani 1. rea
        sellele positsioonile, mis parasjagu oli positsiooni väärtus
    }
    else if(Row==1&&Position<16)//Kui sooviti kirjutada sõne LCD ekraani 2. reale ning selle sõne soovitud
    positsioon oli vahemikus 0-15
    {
        LCD_Command(Position|0xC0);//DDRAMile antakse teada, et sõne tuleb kirjutada LCD ekraani 2. rea
        sellele positsioonile, mis parasjagu oli positsiooni väärtus
    }
    LCD_String(String);//Kutsutakse välja funktsioon, mis kirjutab sõne soovitud reale ja positsioonile
}

void LCD_Clear()
{
    LCD_Command(0x01);//LCD ekraani puhastamine
    _delay_ms(2);//Ajaviide 2 millisekundit
    LCD_Command(0x80);//Liigutakse LCD ekraani 1. rea vasakpoolseimale positsioonile
}

unsigned int Button_Pressed()
{
    unsigned int State=1;//Muutuja sisendiks oleva viigu seisu talletamiseks
    unsigned int Counter=1;//Muutuja, millega määratakse ära, milline väljundviik peab olema madalseisus
    ning millise sisendviigu seisu lugema peab. Nii saab teada, mis nupp alla vajutati ehk milline rida ja veerg oli
    ühendatud
    PORTB|=(1<<PB5);//PB5 kõrgseisu
    PORTC|=((1<<PC7)|(1<<PC6));//PC7 ja PC6 kõrgseisu
    while(Counter<13)//Tsükli käitatakse niikaua kui palju on klaviatuuril nuppe kokku
    {
        if(Counter==1||Counter==2||Counter==3)//1. rida madalaks
        {
            PORTD&=~(1<<PD7);
        }
        if(Counter==4||Counter==5||Counter==6)//1. rida kõrgeks ja 2. rida madalaks
        {
            PORTD|=(1<<PD7);
            PORTC&=~(1<<PC7);
        }
        if(Counter==7||Counter==8||Counter==9)//2. rida kõrgeks ja 3. rida madalaks
        {
            PORTC|=(1<<PC7);
            PORTC&=~(1<<PC6);
        }
    }
}
```


Lisa I järg

```
if(Counter==10||Counter==11||Counter==12)//3. rida kõrgeks ja 4. rida madalaks
{
    PORTC|=(1<<PC6);
    PORTB&=~(1<<PB5);
}
_delay_ms(1);//Ajaviide 1 millisekund
if(Counter==1||Counter==4||Counter==7||Counter==10)//Kontrollitakse, millise rea ja 1. veeru vahel oli
ühendus ehk milline nupp (1, 4, 7, *) alla vajutati
{
    State=PINB&(1<<PB4);
    if(State==0)
    {
        goto down;//Tagastatakse selle rea nupu väärtus, mis alla vajutati
    }
    Counter++;//Võetakse ette järgmine rida
}
if(Counter==2||Counter==5||Counter==8||Counter==11)//Kontrollitakse, millise rea ja 2. veeru vahel oli
ühendus ehk milline nupp (2, 5, 8, 0) alla vajutati
{
    State=PINB&(1<<PB4);
    if(State==0)
    {
        goto down;//Tagastatakse selle rea nupu väärtus, mis alla vajutati
    }
    Counter++;//Võetakse ette järgmine rida
}
if(Counter==3||Counter==6||Counter==9||Counter==12)//Kontrollitakse, millise rea ja 3. veeru vahel oli
ühendus ehk milline nupp (3, 6, 9, #) alla vajutati
{
    State=PINB&(1<<PB6);
    if(State==0)
    {
        goto down;//Tagastatakse selle rea nupu väärtus, mis alla vajutati
    }
    Counter++;//Võetakse ette järgmine rida
}
}
Counter=255;//Tagastatav väärtus juhul, kui ühtegi nuppu alla ei vajutatud
down:
return Counter;//Tagastatakse allavajutatud nupu väärtus
}

unsigned char Insert_Passcode()
{
    unsigned char Passcode_Sum=0;//Muutuja, kuhu talletatakse sisestatud parooli summa
    unsigned char Button=0;//Muutuja, kuhu talletatakse allavajutatud nupu väärtus
    unsigned int Position=0;//Muutuja, millega määratakse ära, mitmendat parooli numbrit sisestatakse
    unsigned int LCD_Position=0;//Muutuja, millega määratakse ära, millisele LCD ekraani positsioonile
    sümbol kirjutatakse
    while(Position<4)//Kasutatakse 4 numbri pikkuselist parooli
    {
        while(Button_Pressed()!=255)//Oodatakse niikaua, kuni kasutaja nupu alla vajutab
        {
            Button=Button_Pressed();//Allavajutatud nupu väärtus talletatakse muutujasse
            while(Button_Pressed()!=255)//Oodatakse niikaua kuni kasutaja allavajutatud nupu vabastab
            if(Button<10)//Kui allavajutatud nupu väärtus oli 1-9
            {

```

Lisa I järg

```
    Passcode_Sum+=Button;//Liidetakse selle nupu väärtus muutujasse
    LCD_String_XY(1,LCD_Position=Position+9,"*");//LCD ekraani 2. real kuvatakse õigel
positsioonil sümbol "*"
    Position++; //Võetakse ette järgmine positsioon
    if(Position==4)//Kui positsioon on võrdne neljaga, siis lõpetatakse funktsiooni töö. Vajalik selleks,
et LCD ekraanil ei kuvataks nupu allhoidmisel rohkem kui 4 "*"
    {
        break;
    }
}
else if(Button==10)//Kui allavajutatud nupu väärtus oli *
{
    Passcode_Sum=0;//Muutuja väärtuse nullimine
    Button=0;//Muutuja väärtuse nullimine
    Position=0;//Muutuja väärtuse nullimine
    LCD_Clear();//LCD ekraani puhastamine
    LCD_String_XY(0,0,"Refresh:");//Sõne kuvamine LCD ekraani 1. real alates 0. positsioonist
    LCD_String_XY(1,0,"Passcode:");//Sõne kuvamine LCD ekraani 2. real alates 0. positsioonist
    break;//Minnakse tagasi algusesse
}
}
}
return Passcode_Sum;//Tagastatakse sisestatud parooli summa
}

void Time_Penalty()
{
    char buffer[3]; //Massiiv, kus talletatakse sõne, mis saadakse täisarvust itoa funktsiooni kasutamisel
    unsigned int Counter=300; //Muutuja, millega määratakse ära, et ajaviide on 300 sekundit ehk 5 minutit
    unsigned int Minutes=4; //Muutuja, millega määratakse LCD ekraanil kuvatava minuti väärtus
    unsigned int Seconds=59; //Muutuja, millega määratakse LCD ekraanil kuvatava sekundi väärtus
    LCD_Clear();//LCD ekraani puhastamine
    LCD_String_XY(0,0,"Time penalty:");//Sõne kuvamine LCD ekraanil
    LCD_String_XY(1,0,"5:00");//Sõne kuvamine LCD ekraanil
    _delay_ms(1000); //Ajaviide 1 sekund
    while(Counter!=0) //Tsükli käitamine kuni loendur on null ehk möödas on 300 sekundit ehk 5 minutit
    {
        LCD_String_XY(1,0,itoa(Minutes,buffer,10)); //Minuti kuvamine LCD ekraani 2. rea 0. positsioonist
        if(Seconds<=9) //Kui sekundi väärtus on väiksem võrdne kui 9
        {
            LCD_String_XY(1,2,"0");//LCD ekraani 2. rea 2. positsiooni väärtuse kohal kuvatakse 0
            LCD_String_XY(1,3,itoa(Seconds,buffer,10)); //Sekundi kuvamine LCD ekraani 2. rea 3.
positsioonist
        }
        else //Muudel juhtudel
        {
            LCD_String_XY(1,2,itoa(Seconds,buffer,10)); //Sekundi kuvamine LCD ekraani 2. rea 2.
positsioonist
        }
        _delay_ms(1000); //Ajaviide 1 minut
        if(Seconds==0) //Kui sekundi väärtus on võrdne nulliga
        {
            Minutes--; //Vähendatakse minuti väärtust
            Seconds=60; //Sekundi väärtust hakatakse uuesti 60-st vähendada
        }
        Seconds--; //Vähendatakse sekundi väärtust
        Counter--; //Vähendatakse loenduri väärtust
    }
}
```

Lisa I järg

```
    }  
}  
  
int main()  
{  
    unsigned char UART_Response;//Muutuja, kuhu talletatakse UARTist tulnud vastus  
    unsigned char Button;//Muutuja, kuhu talletatakse allavajutatud nupu väärtus  
    unsigned char Passcode_Sum;//Muutuja, kuhu talletatakse sisestatud parooli summa  
    unsigned int EEPROM_Attempts;//Muutuja, kuhu talletatakse igal taaskäivitusel EEPROMis olev valesti  
    sisestatud parooli kordade arvu väärtus  
    EEPROM_Attempts=EEPROM_Read(30);//Loetakse EEPROMi aadressilt 30 olev väärtus ja talletatakse  
    see muutujasse  
    Pin_Initialize();//Viikude initsialiseerimine  
    LCD_Initialize();//LCD initsialiseerimine  
    UART_Initialize(103);//UARTi initsialiseerimine, Baud=9600bit/s (16MHz/(16*9600)-1)  
    if(EEPROM_Attempts==3)//Kui EEPROMist loeti väärtus 0x03 ehk et kui kasutaja sisestas eelnevalt  
    parooli 3 korda valesti ning 5 minuti ootamise asemel proovis seda taaskäivitamise teel vältida  
    {  
        Time_Penalty();//Ajaviide 5 minutit  
        EEPROM_Attempts=0;//Valesti sisestatud parooli kordade arvu nullimine  
        EEPROM_Write(30,EEPROM_Attempts);//5 minuti möödumisel kustutatakse EEPROMi registris 30  
    olev väärtus  
    }  
    while(1)  
    {  
        LCD_Clear();//LCD ekraani puhastamine  
        UART_Refresh();//UARTi värskendamine  
        UART_Response=0;//Muutuja nullimine  
        Button=0;//Muutuja nullimine  
        Passcode_Sum=0;//Muutuja nullimine  
        while(Button_Pressed())//LCD ekraanil kuvatakse sõne niikaua kuni allavajutatud nupu väärtus on  
        suurem kui 9  
        {  
            LCD_String_XY(0,0,"Refresh:*");//Sõne kuvamine LCD ekraanil  
            LCD_String_XY(1,0,"Passcode:");//Sõne kuvamine LCD ekraanil  
        }  
        Passcode_Sum=(Insert_Passcode())&0x80;//Sisestatud parooli summa leidmine ja muutujasse  
        talletamine. 8. bitt viiakse kõrgseisu, andmaks teisele plaadile märku, et ta peab parooli õigsust kontrollima  
        LCD_Clear();//LCD ekraani puhastamine  
        UART_Transmit(Passcode_Sum);//Sisestatud parooli summa saadetakse UARTi  
        UART_Refresh();//UARTi värskendamine  
        UART_Response=UART_Receive();//UARTist vastuse saamine ja selle talletamine muutujasse  
        if(UART_Response==0x0C)//Kui parool oli õige  
        {  
            LCD_String_XY(1,0,"Passcode correct");//Sõne kuvamine LCD ekraanil  
            EEPROM_Attempts=0;//Valesti sisestatud parooli kordade arvu nullimine  
            EEPROM_Write(30,EEPROM_Attempts);//Kirjutatakse selle väärtus EEPROMi aadressile 30  
            _delay_ms(1000);//Ajaviide 1 sekund  
            LCD_Clear();//LCD ekraani puhastamine  
            Back:  
            UART_Refresh();//UARTi värskendamine  
            while(Button_Pressed()<9||Button_Pressed()==255)//Kuvatakse LCD ekraanil valikud ning  
            oodatakse niikaua kuni vastav nupp alla vajutatakse  
            {  
                LCD_String_XY(0,0,"O:* B:0 C:#");//Sõne kuvamine LCD ekraanil  
                LCD_String_XY(1,0,"New passcode:9");//Sõne kuvamine LCD ekraanil  
            }  
        }  
    }  
}
```

Lisa I järg

```
Button=Button_Pressed();//Allavajutatud nupu väärtus talletatakse muutujasse
while(Button_Pressed()!=255);//Oodatakse niikaua kuni kasutaja allavajutatud nupu vabastab
if(Button==12)//Kui allavajutatud nupu väärtus oli 9
{
    UART_Transmit(0x3F);//Suletakse garaaüiuks
}
else if(Button==10)//Kui allavajutatud nupu väärtus oli *
{
    UART_Transmit(0x30);//Avatakse garaaüiuks
}
else if(Button==11)//Kui allavajutatud nupu väärtus oli 0
{
    continue;//Minnakse tagasi parooli sisestamise aknasse
}
else if(Button==9)//Kui allavajutatud nupu väärtus oli #
{
    LCD_Clear();//LCD ekraani puhastamine
    while(Button_Pressed()>9)//LCD ekraanil kuvatakse sõne niikaua kuni allavajutatud nupu väärtus
on suurem kui 9
    {
        LCD_String_XY(0,0,"Refresh:*");//Sõne kuvamine LCD ekraanil
        LCD_String_XY(1,0,"Passcode:");//Sõne kuvamine LCD ekraanil
    }
    Passcode_Sum=(Insert_Passcode())0x40;//Sisestatud parooli summa leidmine ja muutujasse
talletamine. 7. bitt viiakse kõrgseisu, andmaks teisele plaadile märku, et sooviti parooli muuta
    UART_Transmit(Passcode_Sum);//Uus parool saadetakse peasisüsteemile
    LCD_Clear();//LCD ekraani puhastamine
    LCD_String_XY(1,0,"Passcode changed");//Sõne kuvamine LCD ekraanil
    delay_ms(1000);//Ajaviide 1 sekund
    LCD_Clear();//LCD ekraani puhastamine
}
goto Back;//Tagasi eelmisesse aknasse
}
else if(UART_Response==0x0F)//Kui parool oli vale
{
    LCD_String_XY(1,0,"Passcode wrong");//Sõne kuvamine LCD ekraanil
    EEPROM_Attempts++;//Valesti sisestatud paroolide kordade arv suureneb
    EEPROM_Write(30,EEPROM_Attempts);//Kirjutatakse valesti sisestatud parooli kordade arv
EEPROMi aadressile 30
    _delay_ms(1000);//Ajaviide 1 sekund
    if(EEPROM_Attempts==3)//Kui parool sisestati valesti 3 korda järjest
    {
        Time_Penalty();//Ajaviide 5 minutit
        EEPROM_Attempts=0;//Valesti sisestatud parooli kordade arvu nullimine
        EEPROM_Write(30,EEPROM_Attempts);//5 minuti möödumisel kustutatakse EEPROMi registris
30 olev väärtus
    }
}
}
}
```

Lisa J. *Wi-Fi* mooduli programmikood

```

#include <ESP8266WiFi.h>//ESP8266 library lisamine

const char* SSID = "GarageWIFI";//WIFI võrgu nimi
const char* password = "12341234";//WIFI võrgu parool

WiFiServer WebServer(80);//Veebiserveriga suheldakse pordi 80 kaudu
WiFiClient client;//Lubatakse kliendil ühenduda ESP mooduliga ettenähtud IP aadressi ja pordi kaudu

void setup()
{
  pinMode(0,OUTPUT);//GPIO0 viik väljundiks
  pinMode(2,OUTPUT);//GPIO2 viik väljundiks
  digitalWrite(0,HIGH);//GPIO0 viik kõrgseisu
  digitalWrite(2,HIGH);//GPIO2 viik kõrgseisu
  WiFi.mode(WIFI_AP);//ESP mooduli seadmine Access Point režiimi, kus moodul töötab ligipääsupunktina
  WiFi.softAP(SSID, password);//Ligipääsupunkti loomine
  WebServer.begin();//Käivitatakse veebiserver
}

void loop()
{
  client = WebServer.available();//Kontrollitakse, kas mõni kasutaja on võrguga ühendatud
  if (!client)//Kui ühtegi kasutajat polnud võrguga ühendatud, minnakse tagasi algusesse
  {
    return;
  }
  while (!client.available())//Oodatakse niikaua, kuni kasutaja infot saadab
  {
    delay(1);
  }
  String request = client.readStringUntil('\r\n');//HTTP päringu lugemine pordist 80
  client.flush();//Oodatakse niikaua kuni pordi puhver on tühi ning seejärel puhver tühjendatakse
  if (request.indexOf("/open") != -1)//Kui HTTP päringus oli sõne "/open"
  {
    digitalWrite(0, LOW);//GPIO0 seatakse madalaks, uks hakkab avanema
    delay(100);
    digitalWrite(0, HIGH);//Pärast 100ms möödumist seatakse GPIO0 uuesti kõrgseisu
  }
  if (request.indexOf("/close") != -1)//Kui HTTP päringus oli sõne "/close"
  {
    digitalWrite(2, LOW);//GPIO2 seatakse madalaks, uks hakkab sulgema
    delay(100);
    digitalWrite(2, HIGH);//Pärast 100ms möödumist seatakse GPIO2 uuesti kõrgseisu
  }
  delay(1);
}

```

Lisa K. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, _____,
(*autori nimi*)

sünniaeg _____,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

_____,
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on _____,
(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, _____
(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)